

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки - 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Программно-методическое обеспечение для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-300</b>

УДК 004.384:004.415.2:378.162.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Юстус Марк Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P2	Применять передовой отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств при решении производственных задач.
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств.
P4	Разрабатывать системы автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, проектировать устройства автоматизации и обосновывать экономическую целесообразность решений
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных систем автоматизации.
P6	Внедрять и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты при решении задач автоматизации технологических процессов и производств, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Применять высоко технологичное программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и

	окружающую среду.
P11	Самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, поддерживать должный уровень физической подготовленности
P12	Решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и подготовки  
 Направление подготовки – 15 .03.04 Автоматизация технологических  
процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Громаков Е.И.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6А	Юстус Марку Игоревичу

Тема работы:

Программно-методическое обеспечение для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-300	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ от 02.03.2020, №62-56/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: промышленный контроллер SIMATIC S7-300. Цель работы: создание программно-методического обеспечения для учебного курса ОАР ИШИТР для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-300 в программном пакете Step 7. Режим работы: непрерывный.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Разработка структурной схемы лабораторного стенда; Описание технологического процесса; Разработка алгоритмов программы; Программирование на языках LAD, FDB, STL; Методические указания по выполнению лабораторных работ; Разработка экранных форм АС.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Структурная схема лабораторного стенда; Экранная форма; Презентация в формате *.pptx.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b> Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<b>Консультант</b> Трубоченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Белоенко Елена Владимировна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
<b>Заключение</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Юстус Марк Игоревич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и подготовки  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических  
процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
 Уровень образования – бакалавриат  
 Период выполнения – весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	4.06.2020
--	-----------

Дата контроля	Название раздела(модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
02.06.2020	Основная часть	75
22.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
29.05.2020	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6А	Юстус Марку Игоревичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

<b>Программно-методическое обеспечение для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-300</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – программно-методическое обеспечение для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-300. Рабочим местом является лабораторный стенд в помещении (ТПУ, корпус №10). Рабочая зона – место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой работа промышленного контроллера.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.01.2001 N 197-ФЗ; 2. ГОСТ 12.2.032-79 «СССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»; 3. ГОСТ 12.2049-80 «ССБТ. Оборудование производственное»; 4. ГОСТ Р 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и	<ul style="list-style-type: none"> <li>– отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– повышенный уровень шума на</li> </ul>

опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	рабочем месте; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – электромагнитные излучения; – электрический ток.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– загрязнение атмосферы объектом исследования не выявлено; – загрязнение гидросферы объектом исследования не выявлено; – выявление загрязнения литосферы объектом исследования: утилизация оборудования.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– возникновение пожара.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Юстус Марк Игоревич		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6А	Юстус Марку Игоревичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 20000 руб. Оклад консультанта - 12500 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 15%; Районный коэффициент 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности.	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований.	Определение трудоемкости работ для НИИ, разработка графика проведения НИИ, составление бюджета НИИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИИ.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности НИИ
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т. Г.	Доцент, к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Юстус Марк Игоревич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 148 страниц машинописного текста, 22 рисунка, 25 таблиц, 24 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: программируемый логический контроллер, программно-методическое обеспечение, интерфейс, язык программирования.

Цель работы – создание программно-методического обеспечения для учебного курса ОАР ИШИТР для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-300 в программном пакете Step 7.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы было разработано программно-методическое обеспечение, позволяющее ознакомиться с контроллером SIMATIC S7-300 и получить практические навыки по программированию контроллера в программном пакете SIMATIC STEP7 на языках программирования (FBD, STL и LAD).

Разработанное программно-методическое обеспечение предназначено для выполнения лабораторных работ в учебном курсе ОАР ИШИТР для студентов специальности 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

## Оглавление

Обозначения и сокращения .....	14
Введение .....	15
1.1 Назначение .....	17
1.2 Конструкция.....	18
1.2.1 Модуль центрального процессора (CPU) .....	18
1.2.2 Модули блоков питания (PS) .....	19
1.2.3 Сигнальные модули (SM).....	20
1.2.4 Коммуникационные процессоры (CP).....	22
1.2.5 Функциональные модули (FM) .....	24
1.2.6 Интерфейсные модули (IM) .....	25
1.3 Коммуникационные возможности .....	28
1.3.1 Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFINET	29
1.3.2 Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFIBUS DP	30
1.3.3 Системы распределенного ввода-вывода на основе AS-Interface	32
1.3.4 Последовательные (PtP) каналы связи .....	32
1.3.5 Обмен данными через сеть MPI.....	33
1.4 Конструктивные и функциональные особенности .....	35
4.1 Язык программирования LAD .....	48
4.2 Язык программирования FBD.....	53
4.3 Язык программирования STL.....	55
5.1 Центральный пункт сбора .....	57
5.1.1 Описание технологического процесса.....	57
5.2 Описание заданий .....	60
6.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	65
6.2 Анализ конкурентных технических решений .....	66
6.2.1 SWOT – анализ .....	67
6.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	72
6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	72

6.3.2	Разработка графиков проведения научного исследования.....	73
6.4	Бюджет научно-технического исследования.....	78
6.4.1	Расчет материальных затрат.....	78
6.4.2	Расчет амортизационных отчислений .....	78
6.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	79
6.4.4	Дополнительная заработная плата.....	80
6.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые исчисления) .....	81
6.4.6	Накладные расходы .....	82
6.5	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	82
6.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования. ....	83
	Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	87
	Введение .....	89
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности... ..	89
7.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	89
7.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	90
7.2	Профессиональная социальная безопасность .....	91
7.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования .....	91
7.2.2	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действий опасных и вредных факторов .....	92
7.3	Экологическая безопасность .....	94
7.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	94
7.3.2	Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду .....	94
7.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	95
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	95
7.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....	95
7.4.2	Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований.....	95

7.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	96
Вывод по разделу .....	97
Заключение .....	98
Conclusion .....	99
Список используемых источников.....	100
Приложение А (обязательное) Экранная форма ЦПС .....	102
Приложение Б (обязательное) Программно-методическое обеспечение .....	103

### **Обозначения и сокращения**

В данной работе были использованы следующие обозначения и сокращения:

АСУ ТП - автоматизированные системы управления технологическим процессом;

САУ - система автоматического управления;

ЦПУ - центральное процессорное устройство;

ПЛК - программируемый логический контроллер;

ПМО - программно-методическое обеспечение;

HMI - human machine interface;

MPI - multi point interface;

LAD - ladder diagram;

FBD - functional body diagram;

STL - statement list.

## **Введение**

Автоматизация технологических процессов значительно влияет на повышение качества выпускаемой нефтяными компаниями продукции, на повышение производительности труда, автоматизация позволяет использовать доступные ресурсы более экономно, при этом производительность не падает.

Автоматизация - перспективное направление прогресса, потому что она позволяет освободить человека от множества операций, которые раньше необходимо было делать вручную.

Современные автоматизированные комплексы позволяют в реальном времени управлять технологическим процессом с минимальным количеством персонала. Кроме того, существуют полностью автоматические системы, работающие без контроля человека очень продолжительное время.

Изначально автоматизация применялась лишь к отдельным операциям, но в процессе развития во многих сферах появилось понятие автоматизации, она распространилась и на основные, и на вспомогательные процессы технологических производств.

Сейчас же системы автоматизации позволяют значительно повысить технико-экономические показатели за счет возможности автоматической перенастройки оборудования в процессе работы для решения изменяющихся производственных задач.

К оборудованию, которое используется в современных АСУ ТП, можно отнести программируемые логические контроллеры. При этом контроллеры концерна Siemens являются самыми востребованными на рынке. В частности контроллер Siemens SIMATIC S7-300, который является универсальным средством для реализации поставленных задач.

В рамках данной выпускной квалификационной работы было разработано программно-методическое обеспечение для изучения контроллера Siemens SIMATIC S7-300.



## **1 Назначение, конструкция и технические характеристики ПЛК Siemens S7-300**

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) уже давно и прочно заняли свою нишу на рынке средств автоматизации. Развитие полупроводниковой элементной базы, разработка новых средств информационного обмена, развитие алгоритмов управления способствует тому, что линейка ПЛК непрерывно расширяется.

Задачей логического контроллера является сбор данных, их обработка и преобразование, сохранение в памяти необходимой информации, создание команд управления, которые поступают посредством входов и передаются посредством выходов. Входы и выходы подключаются к датчикам и ключам, к механизмам устройства управления.

Логические контроллеры осуществляют свою работу практически без участия оператора, что позволяет работать в режиме реального времени в жестких условиях эксплуатации, даже при наличии неблагоприятных условий окружающей среды. А чтобы осуществить правильную работу контроллера необходимо выработать навык программирования данных устройств.

### **1.1 Назначение**

S7-300 – это универсальный модульный программируемый контроллер для решения задач автоматического управления низкой и средней степени сложности. Эффективному применению контроллеров способствует наличие широкой гаммы центральных процессоров, модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных и коммуникационных модулей, модулей блоков питания и интерфейсных модулей.

Области применения контроллеров:

- автоматизация машин специального назначения;
- автоматизацию текстильных и упаковочных машин;
- автоматизацию машиностроительного оборудования;
- автоматизацию оборудования для производства технических средств управления и электротехнической аппаратуры;
- построение систем автоматического регулирования и позиционирования;
- автоматизированные измерительные установки;
- в автомобильной промышленности, машиностроении и станкостроении;
- для управления конвейерами;
- в обрабатывающей промышленности;
- в системах управления пассажирским транспортом;
- в системах материально-технического обеспечения.

## **1.2 Конструкция**

Контроллеры S7-300 имеют модульную конструкцию и позволяют использовать в своем составе следующие устройства:

### **1.2.1 Модуль центрального процессора (CPU)**

В зависимости от степени сложности решаемой задачи в контроллерах могут быть использованы различные типы центральных процессоров (20 типов), отличающихся производительностью, объемом памяти, наличием или отсутствием встроенных входов-выходов и специальных функций, количеством и видом встроенных коммуникационных интерфейсов и т.д.

К примеру, центральные процессоры S7-300C - это компактные центральные процессоры для решения относительно простых задач

автоматического управления, в которых необходима скоростная обработка информации и малое время реакции системы. Наличие встроенных входов и выходов позволяет выполнять непосредственную связь с объектом управления и использовать все центральные процессоры S7-300C в качестве функционально законченных блоков управления. При необходимости система локального ввода-вывода центральных процессоров S7-300C может дополняться сигнальными, функциональными и коммуникационными модулями S7-300. Встроенные функции скоростного счета, измерения длительности периода, обслуживания аппаратных прерываний и ПИД-регулирования (только в CPU 313C-2...) существенно расширяют спектр возможных применений контроллеров.

### **1.2.2 Модули блоков питания (PS)**

Модули обеспечивают возможность питания контроллера от сети переменного тока напряжением 120 или 230 В или от источника постоянного тока напряжением 24, 48, 60, 110 В.

К примеру, блоки питания PS 305 и PS 307 предназначены для формирования выходного напряжения 24В, необходимого для питания центральных процессоров и целого ряда модулей контроллера SIMATIC S7-300.

Блоки питания PS 307 используют для своей работы входное напряжение 120 и 230 В, блоки питания PS 305 - входное напряжение 24, 48, 72, 96 и 110 В. Все блоки питания могут использоваться как для питания внутренних цепей контроллера, так и для питания его входных и выходных цепей.

Модуль монтируется на стандартную профильную шину DIN S7-300 в крайней левой позиции. Справа от него монтируется модуль центрального процессора или интерфейсный модуль IM 361 (в стойках расширения). Подключение к центральному процессору или интерфейсному модулю IM

361 производится с помощью силовой перемычки, которая входит в комплект поставки каждого блока питания.

На лицевой панели модуля расположены:

- индикатор выходного напряжения 24 В;
- переключатель выбора уровня входного напряжения;
- выключатель;
- терминал для подключения кабеля входного напряжения, кабеля

выходного напряжения и защитного заземления.

Модули 6ES7 305-1BA80-0AA0, 6AG1 305-1BA80-2AA0 и 6ES7 307-1EA80-0AA0 сохраняют работоспособность в диапазоне температур от минус 25 до 60 °С. Остальные модули способны работать в диапазоне температур от 0 до +60°С.

### **1.2.3 Сигнальные модули (SM)**

Предназначены для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов с различными электрическими и временными параметрами. Они включают в свой состав:

- модули ввода дискретных сигналов;
- модули вывода дискретных сигналов;
- модули ввода-вывода дискретных сигналов;
- модули ввода аналоговых сигналов;
- модули вывода аналоговых сигналов;
- модули ввода-вывода аналоговых сигналов.

Сигнальные модули могут использоваться во всех модификациях программируемого контроллера SIMATIC S7-300, а также в станциях распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M. Исключение составляют контроллеры S7-300 Outdoor, в которых могут использоваться только сигнальные модули с расширенным диапазоном рабочих температур.

Сигнальные модули выпускаются в пластиковых корпусах. На их фронтальных панелях расположены светодиоды индикации. Количество и назначение светодиодов зависит от типа модуля. За защитной дверцей расположен разъем для установки фронтального соединителя. На тыльной стороне защитной дверцы нанесена схема подключения внешних цепей модуля, на фронтальной стороне дверцы расположен паз для установки этикетки с маркировкой внешних цепей.

Модули устанавливаются в монтажную стойку и фиксируются в рабочих положениях винтами. Порядок установки модулей может быть произвольным. Подключение к внутренней шине контроллера производится через шинные соединители, входящие в комплект поставки каждого модуля. По умолчанию адресация входов определяется номером посадочного места, на котором установлен модуль.

Подключение входных цепей производится к съемным фронтальным соединителям, которые закрываются защитными крышками. В паз крышки вставляется этикетка, на которой наносится маркировка входных цепей. Наличие фронтальных соединителей упрощает монтаж соединительных проводников и позволяет производить замену модулей без демонтажа их внешних цепей. Этикетка для маркировки внешних цепей входит в комплект поставки модуля.

При первой установке фронтального соединителя на модуль автоматически выполняется операция его механического кодирования. В дальнейшем фронтальный соединитель может быть установлен только на модули такого же типа, что исключает возможность возникновения ошибок при замене модулей. Фронтальный соединитель не входит в комплект поставки модуля и должен заказываться отдельно. Возможен заказ фронтальных соединителей, обеспечивающих подключение внешних цепей через контакты с винтовыми зажимами или через пружинные контакты-защелки.

Для ускорения монтажа для подключения внешних цепей могут применяться модульные или гибкие соединители.

Технические возможности сигнальных модулей перечислены в таблицах их технических данных. Большинство параметров сигнальных модулей настраивается программным путем с помощью утилиты Hardware Configuration пакета STEP 7. Эта утилита позволяет устанавливать времена фильтрации входных дискретных сигналов, диапазоны измерения входных аналоговых величин, параметры аналого-цифрового преобразования, поддержку прерываний, активизировать диагностические функции и т.д.

#### **1.2.4 Коммуникационные процессоры (CP)**

Программируемые контроллеры SIMATIC S7-300 обладают мощными коммуникационными возможностями и способны работать в промышленных сетях Industrial Ethernet, PROFIBUS, AS-Interface, MPI, поддерживать соединения через последовательные каналы связи на основе интерфейсов RS 232C, RS 422 или RS 485, TTY. Один программируемый контроллер S7-300 способен работать одновременно в нескольких сетях. Общее количество устанавливаемых логических соединений ограничивается функциональными возможностями центрального процессора.

Коммуникационные модули S7-300 применяются для получения необходимого количества коммуникационных каналов. Большинство коммуникационных модулей оснащено встроенным микропроцессором и буферной памятью, что позволяет выполнять автономную обработку коммуникационных задач с минимальной нагрузкой на центральный процессор контроллера. Многие коммуникационные модули поддерживают функции дистанционного программирования и диагностики контроллера через промышленные сети.

Спектр коммуникационных модулей программируемых контроллеров S7-300, S7-300C, S7-300F весьма широк и включает в свой состав:

- коммуникационные процессоры для подключения к Industrial Ethernet:
  - CP 343-1, поддерживающий протокол TCP/IP и обеспечивающий передачу данных со скоростью (10-100) Мбит/с;
  - CP 343-1 IT, выполняющий функции WEB-сервера и поддерживающий передачу сообщений через электронную почту;
  - CP 343-1 PN, обеспечивающий поддержку стандарта PROFINet и возможность использования S7-300 в модульных системах Component Based Automation.
  - коммуникационные процессоры для подключения к PROFIBUS:
    - CP 343-5, обеспечивающий обмен данными в сети PROFIBUS и поддерживающий протокол PROFIBUS FMS;
    - CP 342-5, оснащенный встроенным электрическим (RS 485) интерфейсом и выполняющий функции ведущего или ведомого устройства PROFIBUS DP;
    - CP 342-5 FO, оснащенный встроенным оптическим интерфейсом и выполняющий функции ведущего или ведомого устройства PROFIBUS DP.
  - коммуникационные процессоры для подключения к ASInterface:
    - CP 343-2, выполняющий функции ведущего устройства AS-Interface;
    - CP 343-2 P, выполняющий функции ведущего устройства AS-Interface и поддерживающий конфигурирование сети из среды STEP 7;
    - коммуникационные процессоры для организации PtP (Point-to-Point) связи через последовательные интерфейсы RS 232C, RS 422 или RS 485 или TTY (20 мА токовая петля);
    - CP 340 с одним встроенным PtP интерфейсом;

– CP 341 с одним встроенными PtP интерфейсами и возможностью использования загружаемых драйверов.

- коммуникационные модули семейства SINAUT ST7, позволяющие поддерживать модемную связь.

### **1.2.5 Функциональные модули (FM)**

Функциональные модули предназначены для решения типовых задач автоматического управления, к которым можно отнести задачи скоростного счета, позиционирования, автоматического регулирования, скоростной обработки логических сигналов и т.д. Большинство функциональных модулей наделено интеллектом, что позволяет производить выполнение всех перечисленных задач с минимальными нагрузками для центрального процессора контроллера. В целом ряде случаев функциональные модули способны продолжать выполнение возложенных на них задач даже в случае остановки центрального процессора контроллера.

Функциональные модули могут использоваться в составе программируемых контроллеров SIMATIC S7-300, S7-300C, S7-300F, а также станций распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M.

Функциональные модули включают в свой состав:

- модули скоростного счета FM 350-1, FM 350-2 и CM 35;
- модуль позиционирования с ускоренной подачей FM 351;
- модуль электронного командоконтроллера FM 352;
- скоростной логический сопроцессор FM 352-5;
- модуль позиционирования шаговых двигателей FM 353;
- модули автоматического регулирования FM 355;
- модуль позиционирования и управления движением FM 357-2;
- интерфейсный модуль IM 178-4 для построения распределенных систем управления позиционированием;



- модуль ввода сигналов ультразвуковых датчиков положения SM 338;
- модуль ввода сигналов SSI датчиков позиционирования SM 338 POS;

### **1.2.6 Интерфейсные модули (IM)**

Интерфейсные модули используются для построения многорядных структур контроллера, включающих в свой состав одну базовую (CR) и до трех стоек расширения (ER). Каждая стойка соединяется с другими стойками через интерфейсные модули.

Модуль IM 365 позволяет осуществлять обмен данными между базовой стойкой и одной стойкой расширения. Расстояние между стойками не должно превышать 1 метра. Стойка расширения не имеет связи с коммуникационной шиной, поэтому в эту стойку нельзя устанавливать модули центральных процессоров, а также функциональные модули FM 353, FM 354, FM 355 и FM 357-2. Питание стойки расширения осуществляется по соединительному кабелю от базовой стойки. Модули IM 365 поставляются парами в комплекте с соединительным кабелем.

Модули IM 360 и IM 361 позволяют создавать конфигурации, включающие в свой состав одну базовую стойку и до трех стоек расширения. IM 360 устанавливается в базовую стойку, модули IM 361 в каждую стойку расширения. Расстояние между двумя соседними стойками может достигать 10 метров. Каждая стойка расширения должна получать питание 24 В. В качестве источников питания могут использоваться модули PS 305 или PS 307.

В стойки расширения могут устанавливаться любые сигнальные, функциональные или коммуникационные модули SIMATIC S7-300 (рисунок 1).

Интерфейсные модули монтируются на профильную шину SIMATIC и соединяются с другими модулями стойки через шинный соединитель. Дополнительного программного обеспечения для конфигурирования интерфейсных модулей не требуется.

### Конструкция S7-300

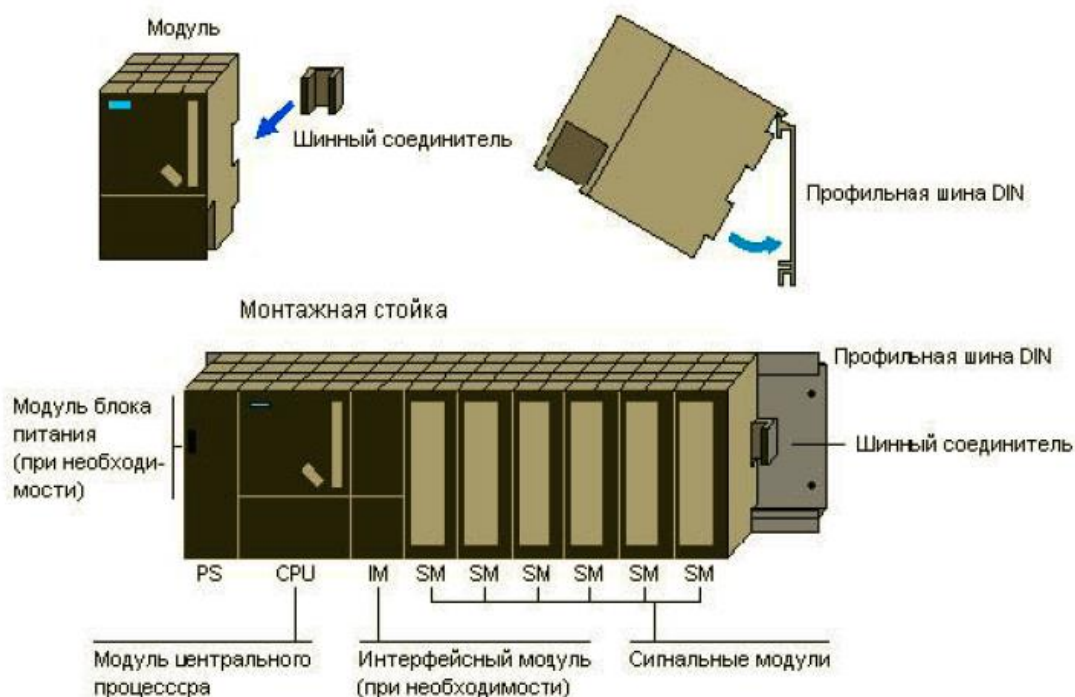


Рисунок 1 - конструкция S7-300

Контроллер SIMATIC S7-300 оснащен широким набором функций, позволяющих в максимальной степени упростить процесс разработки

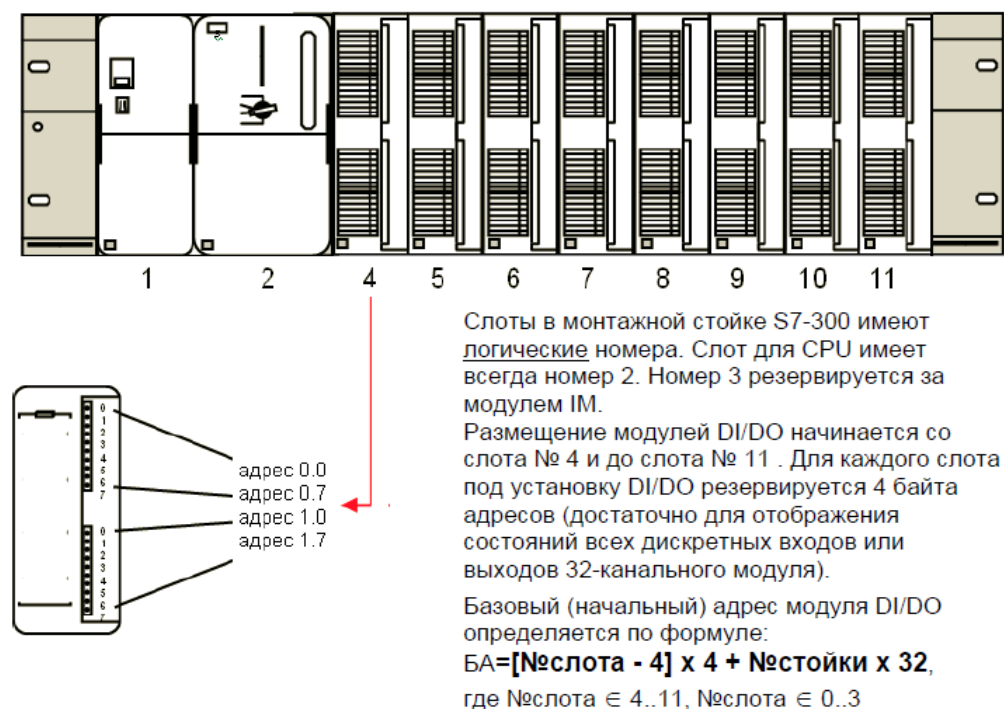
программы, ее отладки, снизить затраты на обслуживание контроллера в процессе его эксплуатации:

- высокое быстродействие и поддержка математики с плавающей запятой;
- удобный интерфейс для настройки параметров;
- человеко-машинный интерфейс (HMI);
- диагностические функции, встроенные в операционную систему контроллера.

Адресация модулей S7-300 представлена на рисунке 2:

#### Адресация модулей S7-300

Нумерация слотов (установочных мест) облегчает определение адресов модулей ввода-вывода.



Примеры адресации:

- Если в слот № 5 установлен модуль ввода-вывода дискретных сигналов (16DI/16DO), то его 8 первых входных каналов будут иметь адреса I4.0 ... I4.7, а первые 8 выходных каналов - адреса Q4.0 ... Q4.7.
- Первые 8 каналов модуля вывода дискретных сигналов, установленного в слот № 6, будут иметь адреса Q8.0 ... Q8.7.

Рисунок 2 - Адресация модулей S7-300

### 1.3 Коммуникационные возможности

Контроллеры SIMATIC S7-300 обладают широкими коммуникационными возможностями:

- коммуникационные процессоры для подключения к сетям PROFIBUS (с встроенным оптическим или электрическим интерфейсом), Industrial Ethernet и AS-Interface;
- коммуникационные процессоры PtP для использования последовательных (RS 232, TTY, RS 422 или RS 485) каналов связи;
- MPI интерфейс, встроенный в каждый центральный процессор и позволяющий создавать простые и недорогие сетевые решения для связи с программаторами, персональными и промышленными компьютерами, устройствами человеко-машинного интерфейса, другими системами SIMATIC S7, C7, WinAC;
- центральные процессоры с дополнительным встроенным интерфейсом PtP, PROFIBUS DP или Industrial Ethernet.
- центральные процессоры S7-300 способны поддерживать следующие виды связи:
  - циклический обмен данными с устройствами распределенного ввода-вывода через сети PROFIBUS или AS-Interface;
  - обмен данными между интеллектуальными сетевыми станциями (программируемыми контроллерами, устройствами и системами человеко-машинного интерфейса, компьютерами и программаторами) через MPI, PROFIBUS или Industrial Ethernet. Обмен данными может осуществляться циклически или по прерываниям.

### 1.3.1 Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFINET

Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFINET используют для обмена данными между ведущим и ведомыми сетевыми устройствами каналы связи Industrial Ethernet со скоростью передачи данных 10 или 100 Мбит/с. Программируемые контроллеры S7-300 способны выполнять функции PROFINET контроллера ввода-вывода и подключаются к сети через встроенные интерфейсы центральных процессоров CPU 315-2 PN/DP или CPU 317-2 PN/DP, а также через коммуникационный процессор CP 343-1 с операционной системой от V2.0 и выше. Функции ведомых PROFINET устройств способны выполнять станции распределенного ввода-вывода ET 200S и ET 200pro с соответствующими интерфейсными модулями, а также видео датчики SIMATIC VS130-2.

К одному контроллеру ввода-вывода допускается подключать до 128 ведомых устройств (рисунок 3).



Рисунок 3 - Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFINET

### **1.3.2 Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFIBUS DP**

Сеть PROFIBUS DP обеспечивает поддержку мультимастерного режима работы и позволяет объединять до 128 сетевых устройств. Ее протяженность с электрическими каналами связи может достигать 9.6 км., с оптическими каналами связи - 96 км. Максимальная скорость передачи данных равна 12 Мбит/с (рисунок 4).

Подключение контроллеров S7-300 к сети PROFIBUS DP производится с помощью коммуникационных процессоров CP 342-5 (FO) или через встроенный интерфейс центрального процессора. Центральные процессоры с встроенным интерфейсом PROFIBUS DP позволяют создавать распределенные системы автоматического управления со скоростным обменом данными между ее компонентами. В такой системе центральный процессор выполняет функции ведущего или ведомого DP устройства.

Обращение к входам-выходам устройств распределенного ввода-вывода из программы пользователя производится теми же способами, что и к входам-выходам системы локального ввода-вывода.

Функции ведущих сетевых устройств способны выполнять:

- программируемые контроллеры S7-300, S7-400, C7, подключенные к сети через встроенный интерфейс центрального процессора, коммуникационный процессор или интерфейсный модуль (IM 467, IM 467FO в S7-400);
- системы компьютерного управления SIMATIC WinAC, подключенные к сети через встроенный интерфейс слот контроллера или через коммуникационный процессор компьютера.

- контроллеры S7-300 и системы автоматизации SIMATIC C7, подключенные к сети через коммуникационный процессор CP 342-5 или встроенный интерфейс центрального процессора;
- центральные процессоры S7-400 с встроенными интерфейсами PROFIBUS DP и операционной системой от V3.0;
- модули связи DP и ASi, обеспечивающие доступ ведущего DP устройства к датчикам и приводам, подключенным к AS-Interface;
- модули и блоки связи DP и PA, обеспечивающие доступ ведущего DP устройства к датчикам и приводам, подключенным к сети PROFIBUS PA;
- приборы полевого уровня;
- системы визуального контроля и анализа изображений серий SIMATIC VS 100,710,720;
- преобразователи частоты серий MICROMASTER, SIMOVERT MASTERDRIVES и SINAMICS;
- защитная и коммутационная аппаратура с встроенным интерфейсом ведомого DP устройства и т.д.



Рисунок 4 - Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFIBUS DP

### **1.3.3 Системы распределенного ввода-вывода на основе AS-Interface**

AS-Interface - сеть полевого уровня с одним ведущим устройством. Все сетевые компоненты связываются 2-жильным кабелем, через который производится обмен данными и подводится питание к сетевым устройствам. Протяженность сети может достигать 300 м. В AS-Interface программируемый контроллер SIMATIC S7-300 способен выполнять только функции ведущего устройства. Подключение к сети производится через коммуникационный процессор CP 343-2 или CP 343-2P.

CP 343-2 и CP 343-2P выполняет все функции ведущего устройства AS-Interface спецификации V2.1 и позволяет производить подключение до 62 дискретных или до 31 аналогового ведомого устройства. За счет этого один коммуникационный процессор способен обслуживать до 248 дискретных входов и до 186 дискретных выходов или до 124 аналоговых каналов ввода-вывода. Полный цикл сети с 62 ведомыми устройствами равен 10 м/с.

### **1.3.4 Последовательные (PtP) каналы связи**

Связь через PtP (Point-to-Point) интерфейс осуществляется через встроенные интерфейсы CPU 313C-2PtP и CPU 314C-2PtP, а также через коммуникационные процессоры CP 340 и CP 341 (рисунок 5).

Через PtP интерфейс S7-300 может быть связан: с программируемыми контроллерами SIMATIC S7/S5, а также программируемыми контроллерами других производителей; принтерами; системами управления роботами; модемами; сканнерами и другими устройствами.



В CPU 31xC-2PtP для организации связи используется интерфейс RS 422, RS 485. За счет соответствующих программных настроек этот интерфейс способен обеспечивать поддержку ASCII протокола, протокола 3964 (R), протокола RK 512 (только в CPU 314C-2PtP). Скорость передачи данных в дуплексном режиме (RS 422) достигает 19.2 Кбит/с, в полудуплексном режиме (RS 485) -38.4 Кбит/с.

В CP 340 и CP 341 могут использоваться последовательные интерфейсы TTY (20мА токовая петля); RS 232C/V.24 или RS 422/RS485. Поддерживаемые протоколы и скорость передачи данных определяются типом коммуникационного процессора, типом используемого последовательного интерфейса и используемым программным обеспечением. В комплект поставки коммуникационных процессоров входят руководства и специальные функциональные блоки для реализации функций связи.



Рисунок 5 - Последовательные (PtP) каналы связи

### **1.3.5 Обмен данными через сеть MPI**

MPI (Multi Point Interface) интерфейс встроен во все центральные процессоры семейства S7-300 и может быть использован для создания простых сетевых решений. MPI интерфейс позволяет поддерживать одновременную связь с программаторами, компьютерами, устройствами человеко-машинного интерфейса, программируемыми контроллерами S7-300, S7-400, C7 (рисунок 6).

- В сети MPI центральные процессоры S7-300 способны поддерживать циклический обмен данными не более чем с 16 партнерами по

связи, передавая за один цикл до 4 пакетов глобальных данных по 22 байта каждый (только для STEP 7 V4.x и более поздних версий).

- Внутренняя коммуникационная шина (К-шина). MPI интерфейс центрального процессора соединен с К-шиной контроллера S7-300. За счет этого через MPI интерфейс обеспечивается непосредственное обращение программатора к функциональным модулям (FM) и коммуникационным процессорам (CP) контроллера.
- Гибкие возможности расширения, обеспечиваемые использованием сетевых компонентов и кабелей электрических (RS 485) сетей PROFIBUS.
- Возможность объединения до 32 MPI станций.
- до 32 логических соединений на процессор для обмена данными с контроллерами SIMATIC S7-300, S7-400, C7, устройствами человеко-машинного интерфейса, компьютерами и программаторами.
- Скорость передачи данных 187,5 Кбит/с.

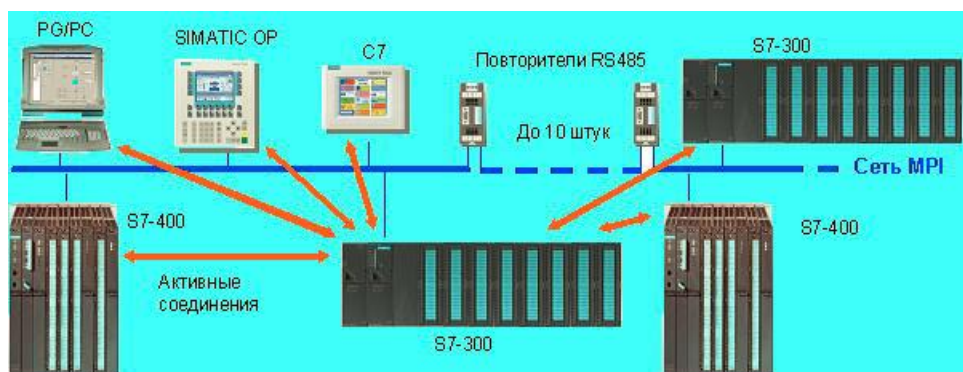


Рисунок 6 - Обмен данными через сеть MPI

## **1.4 Конструктивные и функциональные особенности**

Центральные процессоры S7-300 характеризуются следующими показателями:

- большие объемы памяти программ: от 16 Кбайт в CPU 312 до 512 Кбайт в CPU 317;
- загружаемая память в виде микрокарты памяти (3В NVFlash-EEPROM) емкостью до 8 Мбайт;
- повышенное быстродействие. Время выполнения логической операции составляет (50-200) нс., арифметической операции с плавающей запятой - (1-6) мкс;
- выбор режимов работы (RUN, STOP, MRES) с помощью встроенного переключателя;
- работа с естественным охлаждением без использования буферной батареи;
- необслуживаемое сохранение всех данных в микрокарте памяти (MMC) при перебоях в питании контроллера;
- возможность хранения в MMC архива полного проекта STEP 7 со всеми комментариями и символьными именами;
- поддержка возможности обновления операционной системы центрального процессора с помощью MMC емкостью не менее 2 Мбайт;
- наличие встроенного интерфейса MPI, используемого для программирования, диагностики, обслуживания и построения простейших сетевых структур;

- наличие набора встроенных входов-выходов и поддержка на уровне операционной системы целого ряда технологических функций (центральные процессоры S7-300C и CPU 31xT-2 DP);
- поддержка на уровне операционной системы функций автоматики безопасности и противоаварийной защиты (CPU 315F-2 DP и CPU 317F-2 DP);
- широкие коммуникационные возможности:
  - интерфейс MPI, встроенный во все типы центральных процессоров, обеспечивающий возможность программирования, диагностики и обслуживания контроллеров S7-300, а также построения наиболее простых сетевых структур;
  - интерфейс PROFIBUS DP (в CPU 312 DP), позволяющий подключать S7-300 к сети PROFIBUS DP в качестве ведущего (DPV1) или ведомого DP устройства без использования коммуникационных процессоров;
  - интерфейс PROFIBUS DP и PROFI-safe (в CPU 315F-2 DP и CPU 317F-2 DP), позволяющий подключать S7-300F к сети PROFIBUS DP и выполнять обмен данными с компонентами распределенной системы автоматики безопасности с поддержкой профиля PROFI-safe;
  - интерфейс PROFIBUS DP и DRIVE (в CPU 31xT-2 DP), позволяющий подключать S7-300 к сети PROFIBUS DP и выполнять обслуживание распределенных систем позиционирования с приводами SIMOVERT MASTERDRIVE, выполняющими функции ведомых DP-устройств;
  - интерфейс Industrial Ethernet (в CPU 315-2 PN/DP и CPU 317-2 PN/DP), обеспечивающий поддержку стандарта PROFINET и возможность использования S7-300 в модульных системах Component Based Automation и системах распределенного ввода-вывода на основе Industrial Ethernet;

– интерфейс PtP (в CPU 31...C-2 PtP), обеспечивающий возможность организации последовательной связи через RS 422/RS 485 с поддержкой протоколов ASCII, 3964 (R) и RK 512 (только в CPU 314C-2 PtP).

- поддержка одновременной работы нескольких коммуникационных процессоров, выполнение функций шлюзового устройства между различными сетями, до 32 коммуникационных соединений на один центральный процессор;

- диагностический буфер: сохраняет 100 последних сообщений об отказах и прерываниях. Содержимое буфера используется для анализа причин, вызвавших остановку центрального процессора.

## **2 Структурная схема лабораторного стенда**

SIMATIC S7-300 – это модульный программируемый контроллер для решения задач автоматизации. Несколько типов центральных процессоров различной производительности и широкий спектр модулей различного назначения с множеством встроенных функций позволяют выполнять максимальную адаптацию оборудования к требованиям решаемой задачи. При модернизации и развитии производства контроллер может быть легко дополнен набором необходимых модулей. На рисунке 7 приведена структурная схема лабораторного стенда, позволяющая исследовать контроллер SIMATIC S7 – 300.

В данный лабораторный комплекс входят модули контроллера: блок питания PS 307 5A (307-1EA00-0AA0), центральный процессор CPU 314C – 2 DP (314-6CG03-0AB0) с встроенные модули: дискретного ввода DI8xDC24V и аналогового ввода/вывода AI5/AO2x12Bit, коммуникационный модуль CP 343–1 для организации последовательной передачи данных по Ethernet интерфейсу, станции распределенного ввода ET200M/LINK (IM 153-2) с заказным номером 153-2BA02-0XB0, модули ввода/вывода дискретного сигнала DI 32xDC24V (321-1BL00-0AA0) и DI8/DO8xDC24V (323-1BH01-0AA0), модуль аналогового ввода/вывода AI4/AO2x12Bit (334-0KE00-0AB0), модуль дискретного ввода/вывода DI16/DO16xDC24V (323-1BL00-0AA0), а также 2 блока реле (X2, X7), АВК (аналогового – вычислительный комплекс) для создания математической модели САУ.

Также на стенде присутствуют клеммные колодки для ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов. X4, X6, X8, X10, X15, X16 - обозначение клеммных колодок. Каналы модуля ввода аналогового сигнала поступают на клеммную колодку X4, где осуществляется ввод сигнала с АВК. Каналы модуля ввода дискретного сигнала поступают на колодки X15, X16, X8 и X10. На X8 осуществляется ввод дискретного сигнала при помощи кнопок. Каналы модуля вывода дискретного сигнала поступают на блоки реле X2 и

X7, где осуществляется вывод дискретного сигнала при помощи сигнального табло. Тип клеммных соединений – «сухой контакт».

Назначение данного лабораторного стенда – ввод аналогового сигнала, ввод/вывод дискретного сигнала, то есть реализация программно-логического управления САУ с дискретными сигналами и контроль за САУ с аналоговыми сигналами.

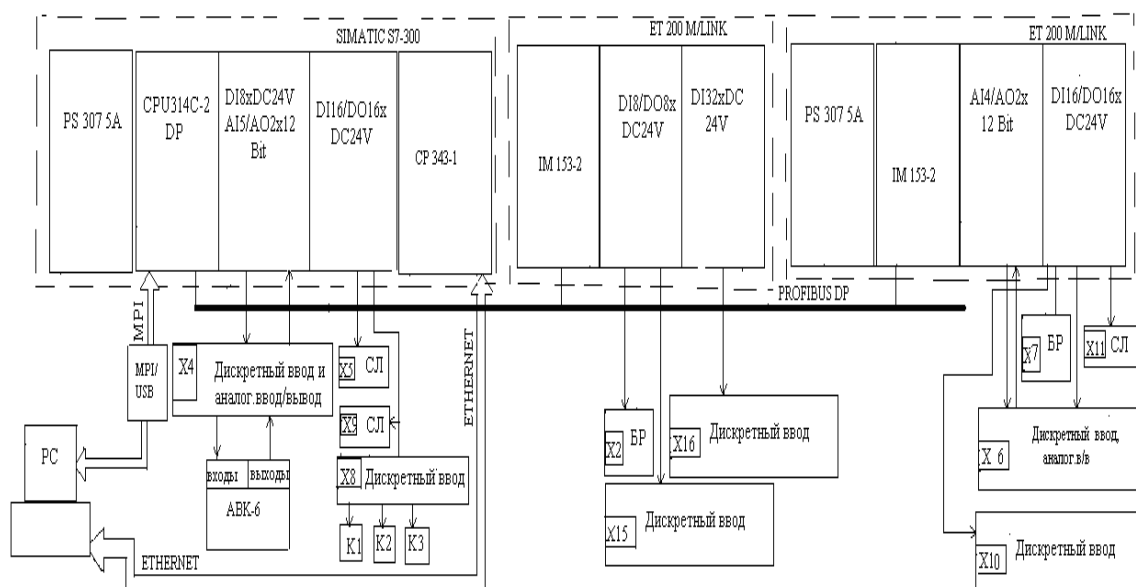


Рисунок 7 - Структурная схема лабораторного стенда

### **3 Изучение пакета программирования Simatic Step 7**

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) — интегрированная среда разработки программного обеспечения систем автоматизации технологических процессов от уровня приводов и контроллеров до уровня человеко-машинного интерфейса. Является воплощением концепции комплексной автоматизации (англ. Totally Integrated Automation) и эволюционным развитием семейства систем автоматизации Simatic компании Siemens AG.

В TIA Portal интегрированы следующие программные пакеты:

- Simatic Step 7 для программирования контроллеров S7-1200, S7-1500, S7-300, S7-400 и WinAC;
- Simatic WinCC для разработки человеко-машинного интерфейса (от простейших кнопочных панелей до сложных конфигураций уровня SCADA);
- Sinamics StartDrive для параметрирования, программирования и диагностики приводов Sinamics;
- Simatic PLCSIM - симулятор ПЛК;
- Simatic Step 7 Safety;
- Simatic Visualization Architect;
- Simatic Energy Suite.

В данной работе были использованы первые два из представленных выше программных пакетов.

Базовый пакет STEP 7 предназначен для создания проектов, решающих задачи автоматизации отдельных станков, участков, технологических процессов. Рассматриваемый пакет позволяет проводить разработку как программных, так и аппаратных средств в пределах одного



проекта, в результате чего на основе требований к программной и аппаратной частям происходит создание и конфигурирование необходимых средств и сетей, рабочих программ и блоков данных для решения задач автоматизации.

SCADA Система SIMATIC WinCC – это мощная универсальная система оперативного мониторинга и управления процессами, производственными линиями, машинами и установками во всех секторах промышленного производства. Она позволяет создавать как простые одноместные станции операторов, так и мощные распределенные многоместные компьютерные системы с обычными или резервированными серверами и Web клиентами. Система оснащена мощным интерфейсом для связи с процессом, пригодна для работы со всем спектром систем автоматизации SIMATIC, обеспечивает защиту данных и возможность их архивирования, обладает высокой производительностью, поддерживает резервированные структуры управления.

SCADA система является информационным центром, обеспечивающим поддержку принципа вертикальной интеграции в масштабах всей компании. Базовая конфигурация системы обладает высокой универсальностью и может быть использована для построения систем управления самого разнообразного назначения. Специализированные решения для конкретных областей промышленного производства могут разрабатываться на основе дополнительного программного обеспечения. Базовое программное обеспечение (базовый пакет WinCC) соответствует требованиям множества промышленных стандартов и обеспечивает поддержку функций сигнализации и подтверждения приема сигналов, архивирования сообщений и значений технологических параметров, регистрацию всех данных процесса и параметров конфигурации, управления доступом пользователей и визуализации.

Для создания программного обеспечения требуется разработать:

- структуру программы;
- управление данными автоматического процесса;
- структуру данных;
- передачу данных;
- документацию программы и проекта.

В полную программу процесса входят:

Операционная система, которая содержит общую часть всех инструкций и соглашений для реализации внутренних функций (например, сохранение данных при сбросе напряжения питания, управление реакцией пользователя при прерывании и т. д.). Она расположена на EPROMe (Erasable Programmable Read Only Memory) и является фиксированной составной частью процессора. Как пользователь, вы не имеете возможности обращаться к операционной системе;

Программа пользователя, которая содержит набор всех написанных пользователем инструкций и соглашений для обработки сигналов, с помощью которых производится управление установкой (процессом). Программа пользователя распределяется на блоки. Деление программы на блоки значительно проясняет структуру программы и подчеркивает программно-технические связи отдельных частей установки;

А также блок. Это часть программы пользователя, ограниченная функционально и структурно или по целям использования (таблица 1).

Различают блоки, которые содержат:

- инструкции для обработки сигналов;
- блоки, содержащие данные (блоки данных).

Блоки идентифицируются:

- типом блока (OB, PB, SB, FB, FX, DB, DX);
- номером блока (число от 0 до 255).

Таблица 1 - Блоки

Блок	Выполняемые функции
В	<p>Организационные блоки. Предназначены для:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• организации циклического выполнения программы пользователя (OB1), обработки событий;</li><li>• включения питания (OB100);</li><li>• циклического прерывания (OB30-OB38);</li><li>• прерывания по дате и времени (OB10-OB17);</li><li>• прерывания по задержке времени (OB20-OB23);</li><li>• возникновения ошибки (OB40-OB47, OB80-OB87, OB121, OB122).</li></ul> <p>Блоки вызываются автоматически операционной системой контроллера в случае возникновения того или иного события.</p>
С	<p>Функция. Может быть вызвана из любого блока. Допускается передача параметров в функцию и обратно. Функция может также иметь локальные переменные, которые теряются при выходе из блока.</p>
В	<p>Функциональный блок. Также может быть вызван из любого блока и может иметь формальные и локальные параметры. Особенностью FB является наличие переменных типа STAT, которые сохраняют свое значение при выходе из блока. Поэтому функциональный блок имеет один или несколько связанных с ним блоков</p>

Продолжение таблицы 1 - Блоки

FC	Системная функция. Это функция, уже имеющаяся в ОС CPU. Предназначена для выполнения определенных стандартных действий.
B	Блок данных программы пользователя. Предназначен для долговременного хранения информации.
FB	Системный функциональный блок. Аналогичен FB, но, как и SFC. Уже имеется в составе ОС контроллера.
I	Блок данных функционального блока. Используется для хранения значений переменных функционального блока. Отличается от DB наличием жесткой структуры, определяемой связанным с ним функциональным блоком.

Типы данных, с которыми работают ПЛК SIMATIC S7:

1. Элементарные типы данных (до 32 бит)

а) Битовые типы данных представлены следующими типами:

- **Бит (BOOL)**

Бит - это единица, соответствующая одному двоичному разряду. Два возможных значения бита обозначаются "0" (FALSE) и "1" (TRUE).

- **Байт (BYTE)**

Байт состоит из 8 бит, которым соответствуют битовые адреса от 0 до 7 (справа налево). Старшим является бит с большим адресом. Байт могут образовывать только те биты, адрес младшего из которых кратен 8, например: 0, 8, 16 и т.д. В контроллерах Simatic S7 байт может интерпретироваться как просто байт (набор бит) или как ASCII-символ.

- **Char (литера)**

Переменная типа CHAR (character, литера) занимает один байт. Тип данных CHAR представляет одну литеру в ASCII-формате, например, 'A'. Работая с этим типом данных, вы можете использовать любую печатную литеру в апострофах.

- **Слово (WORD)**

Слово - это следующая после байта по величине единица, ее длина 16 бит. Любые два соседних байта можно объединить в слово, старшим будет являться байт с меньшим адресом. Адрес слова - это адрес байта с меньшим адресом. В контроллерах Simatic S7 слово может интерпретироваться как просто слово (набор бит), целое число со знаком, дата, время и т.д.

- **Двойное слово (DWORD)**

Любые два соседних слова можно объединить в двойное слово, его длина - 32 бита или 4 байта. Старшим словом (байтом) является слово (байт) с меньшим адресом. Адрес двойного слова - это адрес байта с меньшим адресом. В контроллерах Simatic S7 двойное слово можно интерпретировать как просто двойное слово, длинное целое число со знаком, вещественное число в формате IEEE и т.д.

b) Математические типы данных представлены следующими типами:

- **INT (целое число)**

Переменная типа INT (integer) хранится как целое число (16-битное число с фиксированной запятой или десятичной точкой). Тип данных INT не имеет специального идентификатора.

Целочисленная переменная занимает одно машинное слово. Сигнальные состояния битов с 0-го по 14-ый представляют цифровые

разряды (позиции) числа. Сигнальное состояние 15-го бита представляет знак (sign,S).

- **DINT (двойное целое число)**

Переменная типа DINT хранится как целое число (32-битное число с фиксированной запятой). Целое сохраняется в DINT-переменной, когда оно превышает 32 767 или меньше -32 768, или когда число предваряется идентификатором типа L#.

Под переменную типа DINT отводится двойное слово. Сигнальные состояния битов с 0-го по 30-ый представляют цифровые позиции числа. Знак хранится в 31-м бите.

- **REAL (вещественный)**

Переменная типа REAL представляет дробь и хранится как 32-битное число с плавающей запятой (десятичной точкой). Целое сохраняется как переменная типа REAL при добавлении десятичной точки.

В экспоненциальном представлении вы можете предварить «е» или «Е» целым числом или дробью из семи соответствующих чисел и знака. Цифры, которые расположены за «е» или «Е» представляют экспоненту по базе 10. STEP 7 производит преобразование REAL-переменной во внутренне представление числа с плавающей точкой.

с) Временные типы данных представлены следующими типами:

- **S5TIME**

Переменная типа S5TIME используется в базовых языках STL, LAD и FBD для установки таймеров системы SIMATIC. Она занимает одно 16-битное слово с 1 + 3 декадами. Время устанавливается в часах (hours), минутах (minutes), секундах (seconds) и миллисекундах (milliseconds).

- **DATE (Дата)**

Переменная типа DATE хранится в машинном слове как число с фиксированной точкой без знака. Содержимое переменной соответствует количеству дней, начиная с 01.01.1990. Ее представление показывает год, месяц и день, разделенные дефисом.

## 2. Сложные типы данных (более чем 32 бита)

STEP 7 определяет следующие четыре сложных типа данных:

- a) DATE\_AND\_TIME (DT, Дата и время) Дата и время (в формате BCD-числа);
- b) STRING (Строка) Строка литер длиной до 254 знаков;
- c) ARRAY (Массив) Переменная-массив (совокупность переменных одного типа);
- d) STRUCT (Структура) Переменная-структура (совокупность переменных разных типов).

## **4 Изучение языка программирования FBD, LAD промышленного контроллера Simatic S7-300**

Классические языки программирования контроллеров LAD (Ladder Diagram - LAD), FBD (Function Block Diagram) и STL (Statement List) позволяют создавать программы, отвечающие требованиям DIN EN 6.1131-3.

Редакторы стандартных языков LAD, STL и FBD обеспечивают полную графическую поддержку программирования со следующими характеристиками:

- простое и интуитивное использование, наглядный интерфейс, использование стандартные механизмы работы с Windows;
- библиотеки заранее подготовленных сложных функций и разработанных пользователем решений.

### **4.1 Язык программирования LAD**

Синтаксис команд языка LAD очень похож на синтаксис языка описания релейно-контактных схем. Такое представление позволяет проследить «поток энергии» между шинами при его прохождении через различные контакты, составные элементы и выходные элементы (катушки).

Элементы коммутационной схемы, такие как нормально разомкнутые контакты и нормально замкнутые контакты, группируют в сегменты. Один или несколько сегментов образуют раздел кодов логического блока.

Бинарные сигнальные состояния группируются в LAD (контактные планы) посредством последовательных (series) и параллельных (parallel) соединений контактов. Последовательное соединение соответствует функции AND (И), а параллельное соединение – функции OR (ИЛИ).

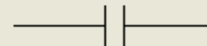
LAD применяет только контакты (рисунок 8) NO (сканируют с ожиданием сигнального состояния «1») и контакты NC (сканируют сигнальное состояние «0»).



**Нормально разомкнутый контакт  
(Normally-open, NO)**

**Нормально замкнутый контакт  
(Normally-closed, NC)**

Бинарный операнд



Бинарный операнд

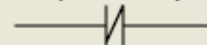


Рисунок 8 – NO и NC контакты

Если говорить о работе NO – контакта, то нормально разомкнутый контакт соответствует сканированию с ожиданием сигнального состояния «1». Если сканированный бинарный операнд имеет сигнальное состояние «1», то NO-контакт активирован, замыкается и «ток течет».

На рисунке 9 показан пример, где датчик (sensor) S1 подключен к входу I 1.0 и сканируется NO-контактом. Если датчик S1 разомкнут, то вход I 1.0 содержит «0», и ток через NO-контакт не проходит. Контактор (contactor) K1, управляемый выходом Q 4.0, не включен.

Если датчик S1 активирован, то вход I 1.0 имеет сигнальное состояние «1». Ток от левой несущей (питающей шины) течет через NO-контакт в катушку, и контактор K1, подключенный к выходу Q 4.0, активируется. NO-контакт сканирует вход с ожиданием сигнального состояния «1» и затем замыкается, независимо от того каким контактом, NO или NC, при входе является датчик.

### Как работает NO-контакт

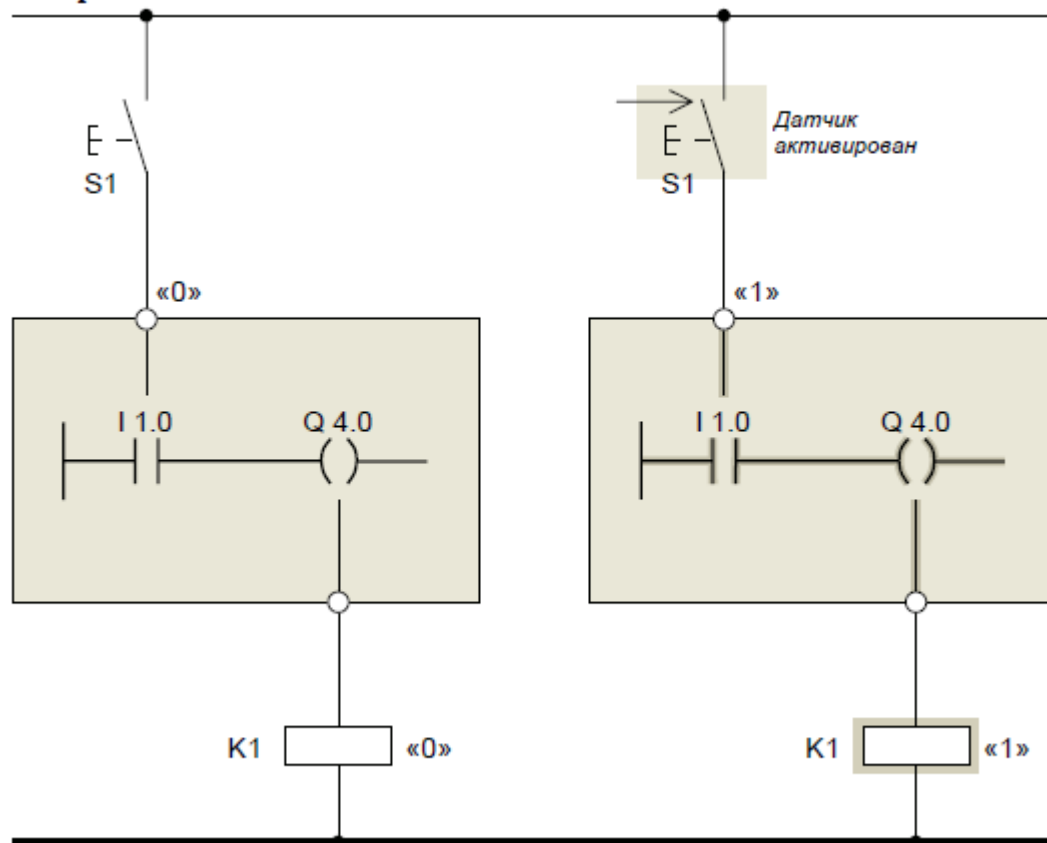


Рисунок 9 – Как работает NO – контакт

Если говорить о работе NC – контакта, то ток протекает через NC-контакт, если бинарный операнд имеет сигнальное состояние «0». Если сигнальное состояние «1», то NC-контакт «размыкается», и протекание тока прерывается.

В примере (рисунок 10) ток течет через NC-контакт, если датчик S2 незамкнут (вход I 1.1 имеет сигнальное состояние «0»). Ток также течет в катушке и возбуждает контактор K2 на выходе Q 4.1.

Если датчик S2 активирован, то вход I 1.1 имеет сигнальное состояние «1», и NC-контакт размыкается. Протекание тока прерывается, и с контактора K2 снимается нагрузка.

NC-контакт проверяет вход на наличие нулевого сигнального состояния и пребывает затем в замкнутом состоянии, несмотря на то, каким контактом на входе является датчик, NO- или NC-контактом

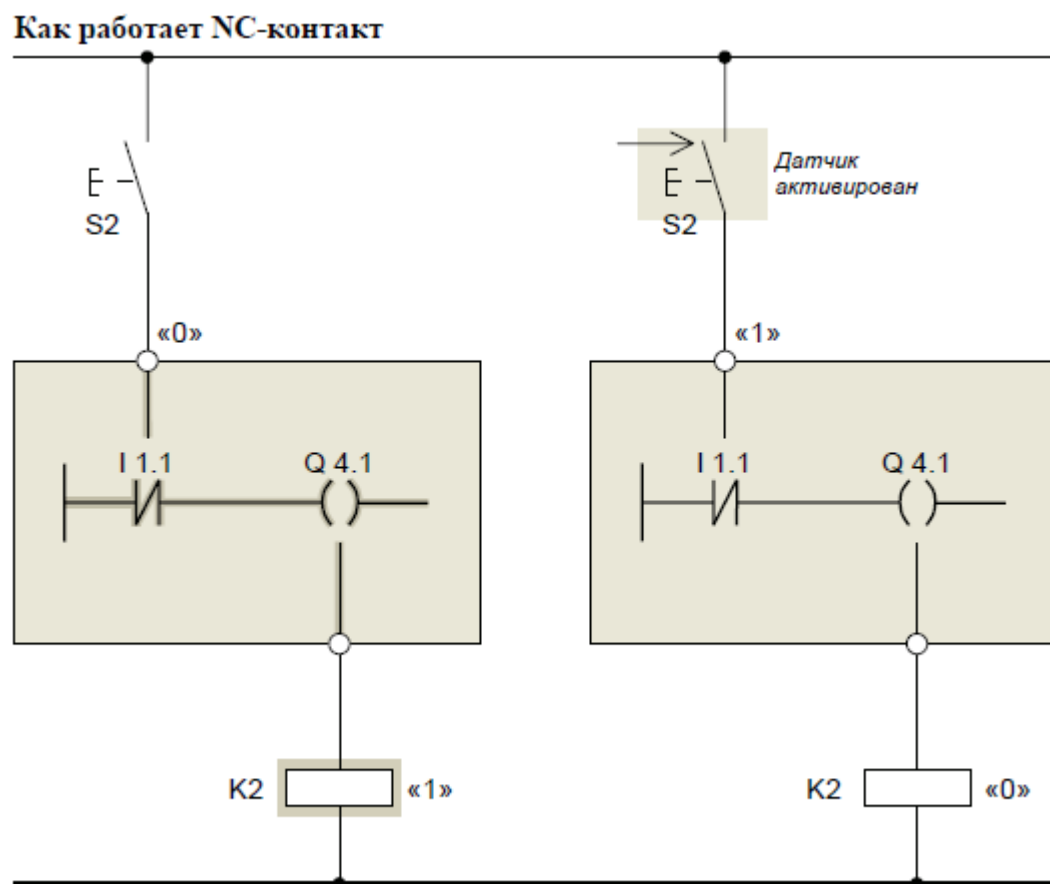


Рисунок 10 – как работает NC – контакт

На рисунке 11 показаны типичные последовательные схемы. В сети 1 (network 1) последовательная схема содержит три контакта; любые бинарные операнды могут сканироваться. Все контакты являются NO-контактами. Если все соответствующие операнды имеют сигнальное состояние «1» (то есть если NO-контакты активированы), то в цепи ток течет к катушке. Операнд, управляемый катушкой, устанавливается в «1». Во всех других случаях ток не течет, и операнд Coill (Катушка1) сбрасывается в «0». По аналогии можно анализировать сеть 2 (network 2), где демонстрируется последовательный план с одним NC-контактом.

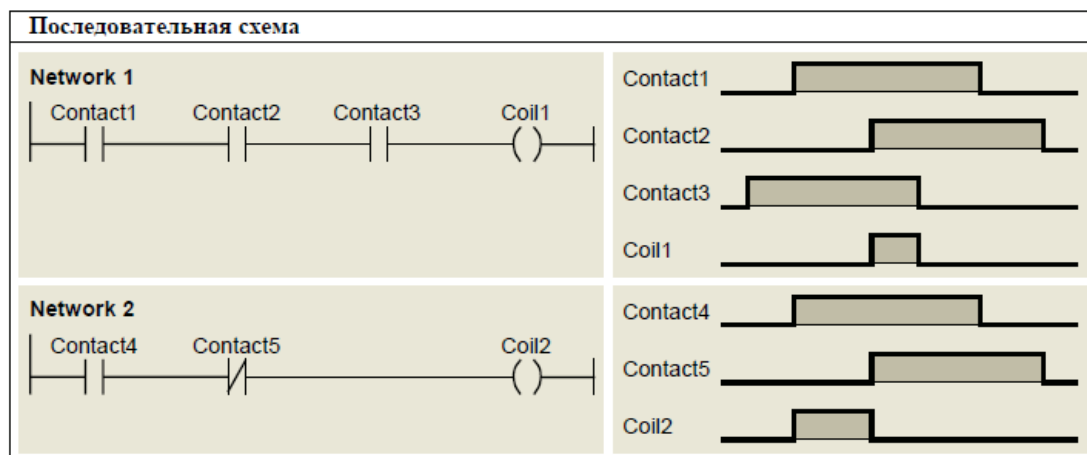


Рисунок 11 – Типичные последовательные схемы

На рисунке 12 представлены типичные параллельные схемы. В сети 3 (Network 3) параллельный план состоит из трех контактов; сканироваться может любой операнд. Все контакты являются NO-контактами. Если один из операндов имеет сигнальное состояние «1», то по схеме к катушке течет ток. Операнд, управляемый катушкой, устанавливается в «1». Если все сканируемые операнды находятся в сигнальном состоянии «0», то ток к катушке не проходит, и операнд Coil3 (Катушка3) сбрасывается в «0».

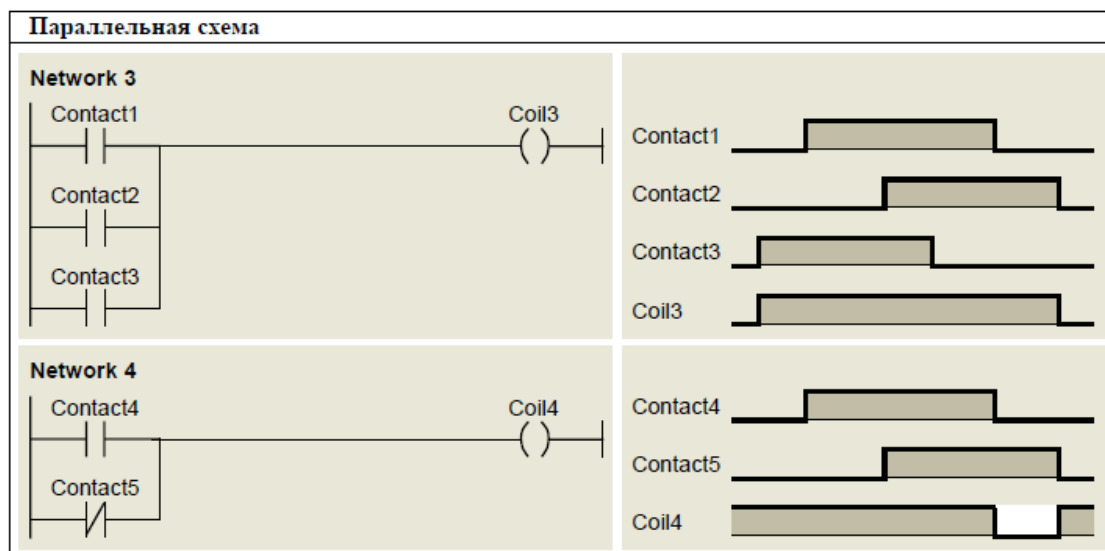


Рисунок 12 – Типичные параллельные схемы

Можно комбинировать последовательные и параллельные схемы, путем различных группировок для выполнения поставленной задачи автоматизации.

## **4.2 Язык программирования FBD**

Если говорить о языке программирования FBD(Function Block Diagram), который является графическим языком, то в нем логические операции, выполняемые над двоичными сигнальными состояниями, принимают форму функций AND (И), OR (ИЛИ) и Exclusive OR (Исключающее ИЛИ). Операнды, чьи сигнальные состояния вы хотите сканировать и комбинировать, подаются (записываются) на входы этих функций.

Каждый бинарный операнд может быть адресован абсолютно или символически. При сканировании бинарного операнда, или внутри схемы бинарной логики (функционального плана), вы можете инвертировать результат логической операции с помощью символа инвертирования (отрицания). Этот символ представляет собой кружок.

В FBD для каждого сегмента (сети, схемы) программируется одна схема бинарной логики (binary logic circuit). Логическая схема может состоять из одного или очень большого числа соединенных между собой функциональных элементов. Логическая схема, или логическая операция (logic operation), всегда должна быть завершена, например, оператором присваивания. Присваивание воздействует на бинарный операнд с помощью результата логической операции.

Если говорить о элементарных операциях бинарной логики (рисунок 13), то FBD использует бинарные функции AND (И), OR (ИЛИ) и Exclusive OR (Исключающее ИЛИ). Все функции могут иметь (теоретически) любое количество функциональных входов (входов функции).

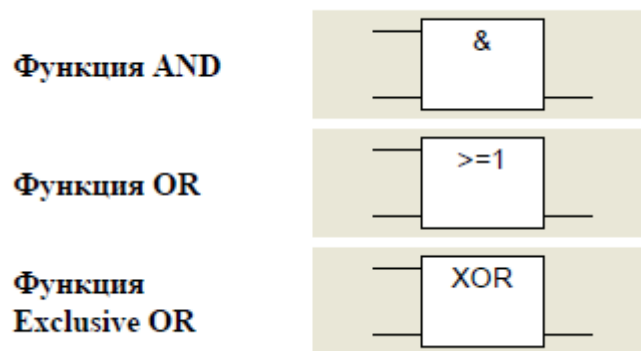


Рисунок 13 – Элементарные операции

К примеру, функция Exclusive OR комбинирует друг с другом два бинарных состояния и возвращает RLO «1», когда два состояния (результаты сканирования) не являются одинаковыми, и RLO «0», если два состояния (результаты сканирования) идентичны. Пример представлен на рисунке 14.

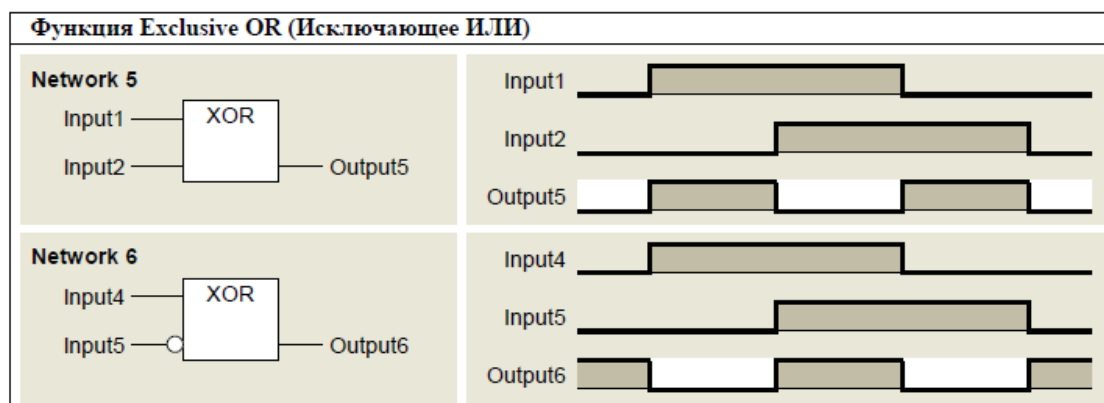


Рисунок 14 – Функция исключающее ИЛИ

### 4.3 Язык программирования STL

Рисунок 15 показывает релейную логическую схему с нормально открытым контактом управляющего реле между токовой шиной и катушкой. В нормальном состоянии этот контакт открыт. Если контакт не активизирован, он остается открытым. Состояние сигнала открытого контакта равно 0 (не активизирован). Если контакт открыт, то ток от токовой шины не может возбудить катушку в конце цепи. Если контакт активизирован (состояние сигнала контакта равно 1), то ток может протекать через катушку.

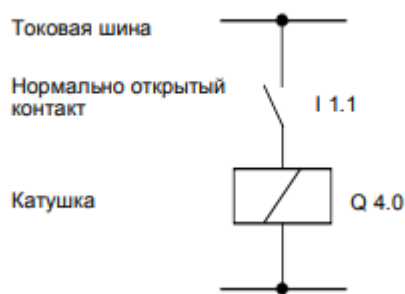


Рисунок 15 - Нормально открытый контакт

Для опроса состояния сигнала нормально открытого контакта управляющего реле вы можете использовать команду И (A) или ИЛИ (O). Если нормально открытый контакт ( $I1.1 = 0$ ), то результат опроса равен «0», если он замкнут, то результат опроса равен «1».

Рисунок 16 представляет релейную логическую схему с нормально замкнутым контактом управляющего реле между токовой шиной и катушкой. В нормальном состоянии этот контакт замкнут. Если контакт не активизирован, то он остается замкнутым. Состояние сигнала замкнутого контакта равно 0 (не активизирован). Если контакт замкнут, то ток от токовой шины может протекать через контакт, возбуждая катушку в конце цепи. Активизация контакта (состояние сигнала контакта равно 1) размыкает контакт, прерывая протекание тока к катушке.



Рисунок 16 - Нормально замкнутый контакт

Для опроса состояния сигнала нормально замкнутого контакта управляющего реле вы можете использовать команду И-НЕ (AN) или ИЛИ-НЕ (ON). Если нормально замкнутый контакт замкнут ( $I1.1 = 0$ ), то результат опроса равен «1», если он открыт, то результат опроса равен «0».

Результат логической операции может быть определен с помощью таблицы истинности (таблица 2).

Таблица 2 - Таблица истинности

Мнемоника	Команда	Состояние операнда	Результат в RLO
A	И	0	0
		1	1
AN	И-НЕ	0	1
		1	0
O	ИЛИ	0	0
		1	1
ON	ИЛИ-НЕ	0	1
		1	0
X	Исключающее ИЛИ	0	0
		1	1
XN	Исключающее ИЛИ-НЕ	0	1
		1	0



## **5 Программно-методическое обеспечение**

### **5.1 Центральный пункт сбора**

Для изучения работы с ПЛК Simatic Siemens S7-300 в программной среде STEP7 разработано программно-методическое обеспечение. Полное программно-методическое обеспечение представлено в Приложении Б.

В качестве рассматриваемого технологического процесса был выбран центральный пункт сбора нефти (ЦПС). Приведенные ниже задания для изучения языков программирования в пакете STEP7 были спроектированы по объектам с ЦПС. Разработанная программа работы сепаратора, а также разработанная экранная схема, которая представлена в разделе «Дополнительное задание» отражают технологические процессы ЦПС.

Центральный пункт сбора (ЦПС) это универсальный технологический объектом, на котором добываемый флюид разделяется на целевые компоненты - товарную нефть, газ и сточную воду.

Основное назначение центрального пункта сбора и подготовки нефти состоит в том, чтобы отделить воду от сырья, поступающего с групповых установок, измерить с высокой точностью количество нефти, в которой содержание воды не должно превышать нескольких десятых долей процента, и направить ее через распределительную гребенку на прием магистрального насоса или в резервуар с подключенным насосом. В некоторых случаях нефть также подвергается стабилизации на центральных пунктах сбора.

#### **5.1.1 Описание технологического процесса**

Продукция нефтяных скважин практически никогда не состоит из чистой нефти. Как правило, она представляет собой ГЖС (газожидкостную смесь) с небольшими примесями других веществ. Поэтому важнейшей задачей системы сбора и подготовки нефти является сепарация, то есть разделение нефти, газа и воды друг от друга.

На первой стадии сбора и подготовки скважинная жидкость по выкидной линии попадает на групповую замерную установку (ГЗУ) тремя возможными способами, которые представлены на рисунках 17 и 18.

Первый вариант, из фонтанной скважины 3 высокого давления жидкость поступает на сепаратор 4, который устанавливают на скважинах, если давление превышает 0,6 МПа. В нем происходит первичное разделение на газообразную и жидкую фазы. После этого жидкая фаза поступает на ГЗУ 5, которая служит для замера дебита.

Второй вариант, из газлифтной скважины 1.

И третий возможный вариант через УСШН (качалку) 2.

После этого на ГЗУ 5 определяется количество добываемой из скважин жидкости и производится частичное отделение попутного газа и воды от нефти. Жидкая составляющая с ГЗУ 5 поступает на газосепаратор 6, где осуществляется окончательная дегазация нефти перед ее поступлением в отстойники 9.

Газовая составляющая поступает с ГЗУ 5 на осушитель газа 7, где после поглощения влаги газ через компрессоры высокого давления попадает в сепаратор 13 и подается на газлифтные скважины. В горизонтальных отстойниках 8 от жидкости отделяется песок и механические примеси. Вакуум-компрессоры 12 служат для отбора газа из отстойников 9 и 8. На конечном этапе нефть под действием насоса 10 попадает из сборников нефти 9 в сырьевые резервуары установки подготовки нефти 11.

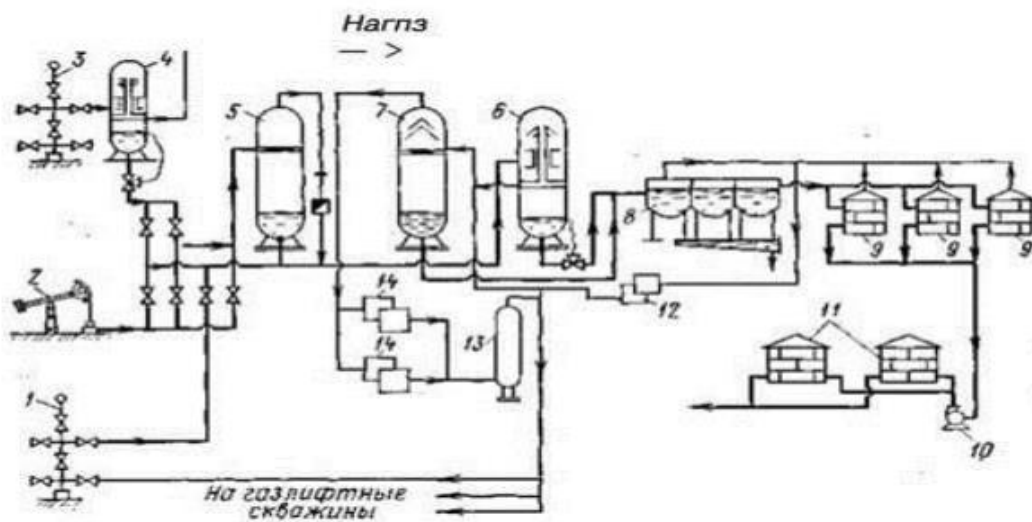


Рисунок 17 - Технологическая схема ЦПС

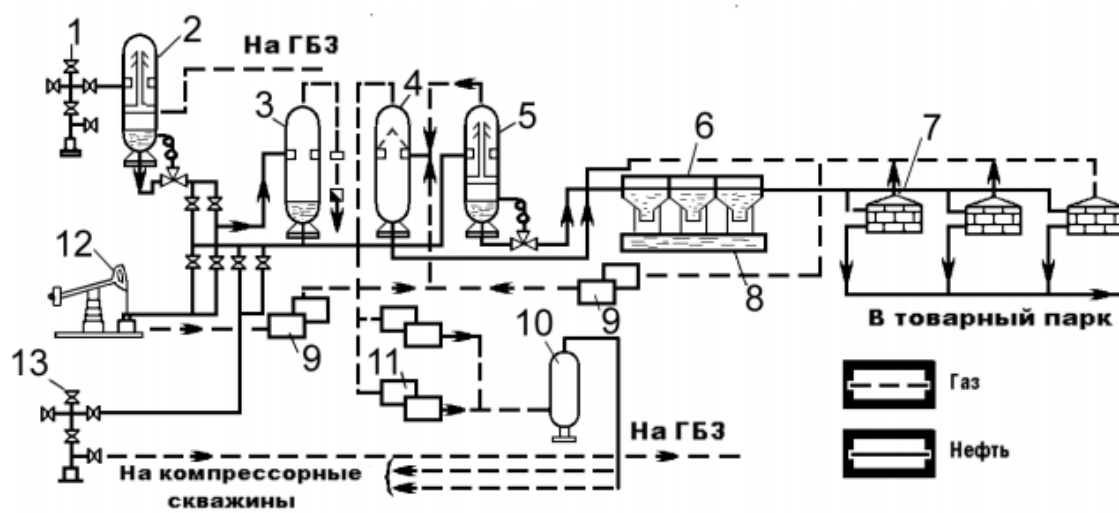


Рисунок 18 - Технологическая схема ЦПС

## **5.2 Описание заданий**

В начале программно-методического указаний представлен теоретический материал о ПЛК, пакете STEP7, а также о языках программирования LAD, FBD, STL.

Далее представлена работа системы управления температурой в шкафу автоматики. Задание на создание программы:

Необходимо запрограммировать систему контроля температуры. В системе установлен датчик температуры с сигнализацией «High level» и «Low level». Если температура достигает «Low level», то система подает сигнал, и включается нагрев. Если температура достигает «High level», то система подает сигнал, и включается охлаждение. При этом нагрев и охлаждение не могут работать одновременно. Если индикаторы «High level» и «Low level» показывают критическое состояние в одно и то же время, то в системе произошел сбой.

Программа разработана на трёх языках. В ПМО представлены листинги программ, а также рекомендации по написанию и конфигурации оборудования.

Полное программно-методическое обеспечение представлено в Приложении Б.

На рисунке 19 представлен алгоритм работы системы управления температурой в шкафу автоматики:

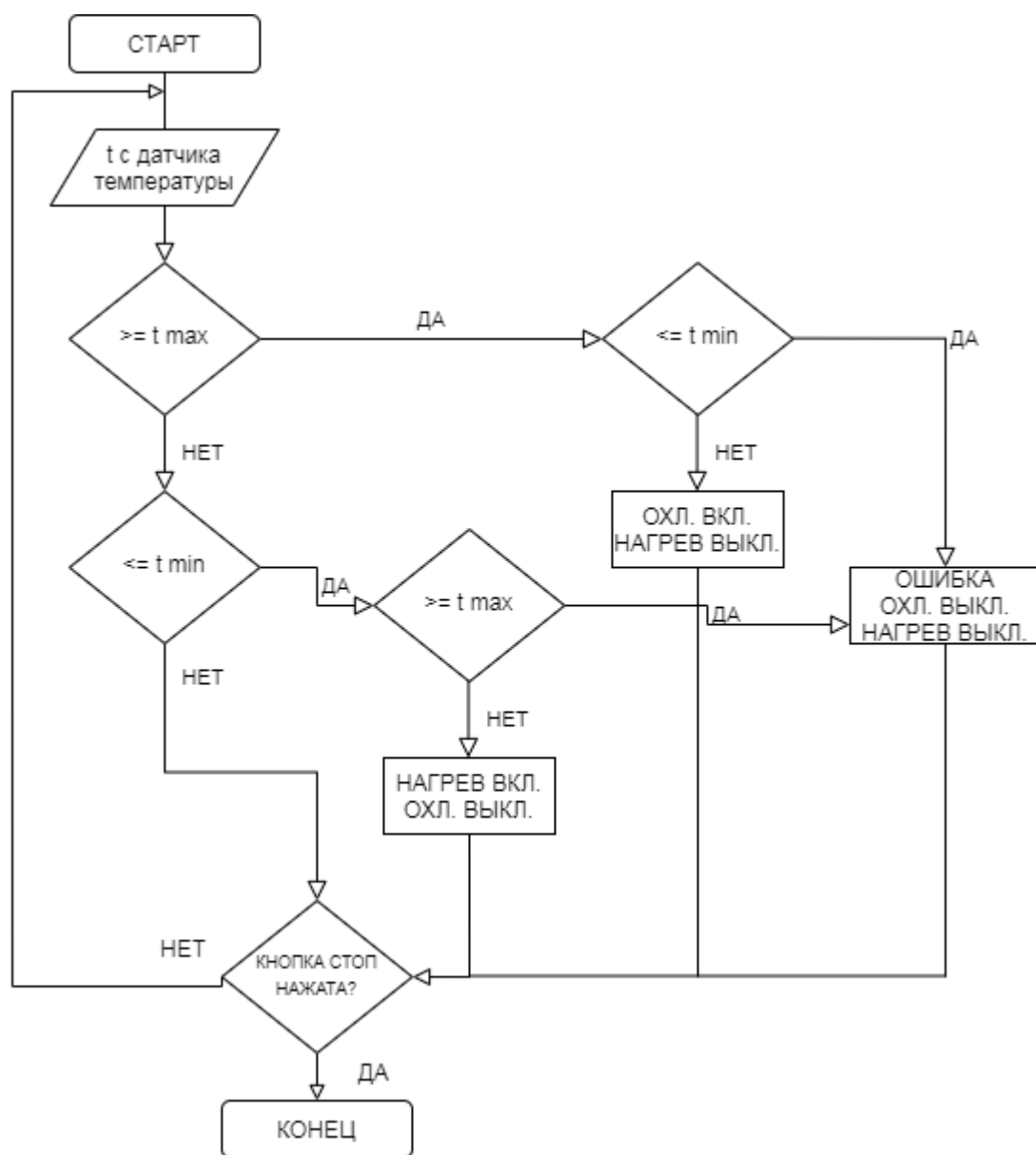


Рисунок 19 - Алгоритм 1

Далее представлена работа более сложного уровня, а именно система управления сепаратором. Задание на создание программы:

Работа сепаратора заключается в отделении воды и нефти друг от друга за счёт разницы в плотностях этих жидкостей. Так как нефть имеет меньшую плотность, чем вода, то она будет находиться выше в каком-либо объёме. В сепараторе установлены датчики уровня нефти: «High level» и «Low level». А также датчик уровня и датчик температуры. Если сработал датчик «High level», а «Low level» показывает «0», то это означает, что нефть находится в интервале между датчиками. Следовательно, выпускной клапан будет открыт и вода будет выходить до тех пор, пока датчик «Low level» не покажет логическую «1». Необходимо разработать программу, объект управления - выпускной клапан. Также, необходимо разработать программу для перевода значений температуры и уровня в сепараторе в международную систему единиц, СИ.

На рисунке 20 представлена мнемосхема сепаратора, разработанная в программном обеспечении Simatic WinCC(WinCC):

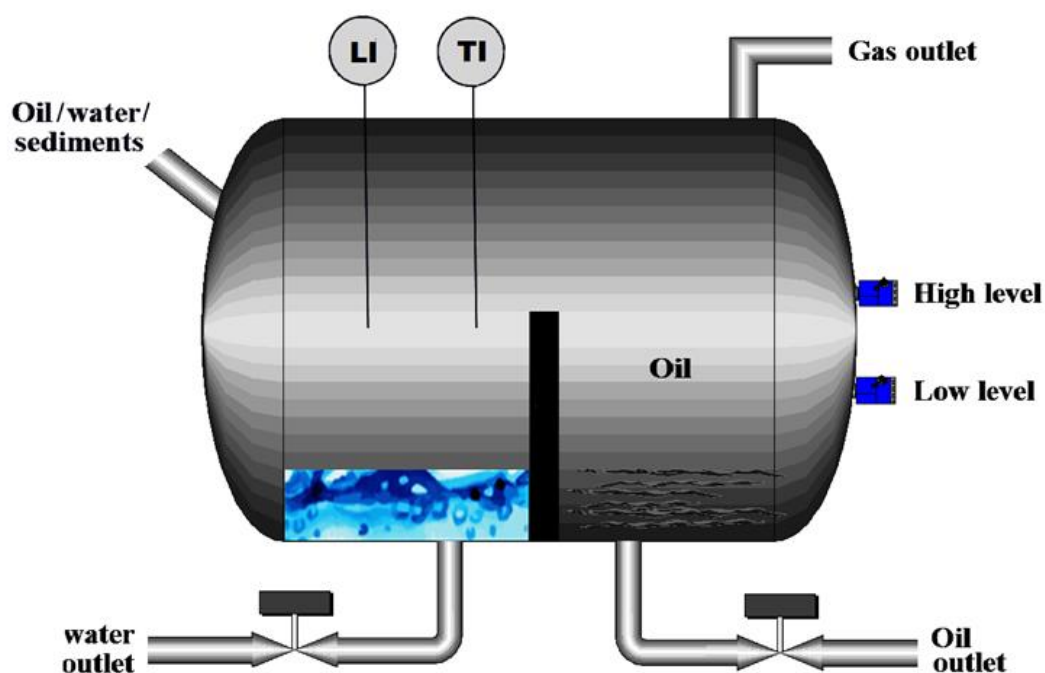


Рисунок 20 - Структурная схема сепаратора

Программа разработана на трёх языках. В ПМО представлены листинги программ, а также рекомендации по написанию и конфигурации оборудования.

Полное программно-методическое обеспечение представлено в Приложении Б.

На рисунке 21 представлен алгоритм работы сепаратора:

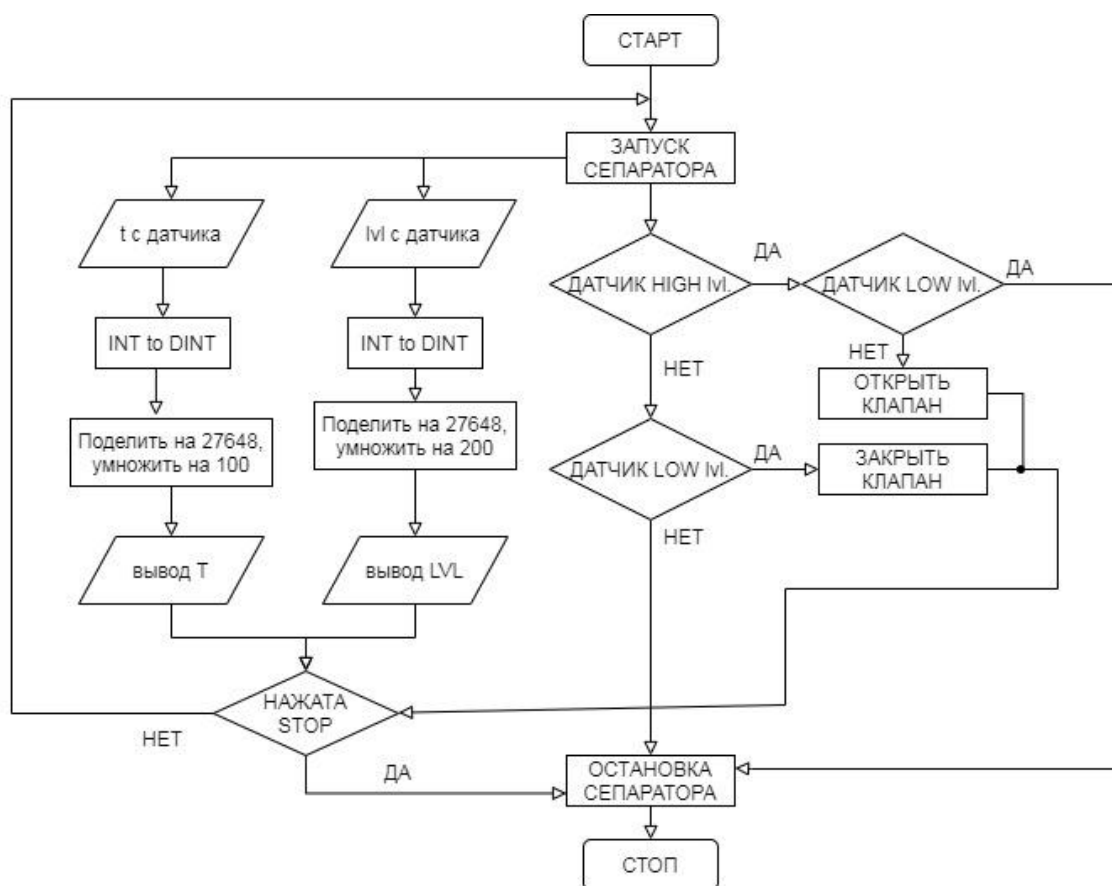


Рисунок 21 - Алгоритм 2

По итогу двух заданий программно-методического обеспечения, студент должен знать принцип работы ПО Step 7, конфигурацию аппаратных средств, а также правила написания программ на языках LAD, STL, FBD.

Для дополнительного задания студенту предлагается рассмотреть мнемосхему ЦПС, которая представлена для визуального для ознакомления и понимания технологического процесса.

Описание технологического процесса представлено в разделе 6.1.1.

Задание на создание программы:

Спроектируйте систему управления для любого из объектов. Легенду задайте сами, с учётом того, что на каждом из объектов стоят датчики, клапана управляются дистанционно, двигатели могут менять количество оборотов. Так на схеме: Т(температура), L(уровень), Р(давление), N(кол-во оборотов в минуту), Open(открыт), Close(закрыт). Вы можете добавлять датчики, задвижки по своему усмотрению.

Напишите программу на языках программирования LAD, FDB, STL, исходя из потребностей для вашей системы в пакете Step-7.

В приложении А представлена мнемосхема ЦПС, разработанная в программном обеспечении Simatic WinCC(WinCC).

Полное программно-методическое обеспечение представлено в Приложении Б.



## **6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **6.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Объектом разработки является программно-методическое обеспечение. Потенциальными потребителями программно-методического обеспечения являются промышленные предприятия, физические лица, крупные организации, а также высшие учебные заведения, которые специализируются на разработке автоматизации в нефтегазовой и химической отраслях.

В таблице 3 приведена карта сегментирования.

Таблица 3 - Карта сегментирования

		Сфера использования			
		Промышленные предприятия	ВУЗы	Физические лица	Организации
Размер	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Согласно представленной карте сегментирования, для реализации разработки программно-методического обеспечения подходят мелкие физические лица, высшие учебные заведения, а также мелкие и средние промышленные предприятия и организации. Для более крупных организаций и промышленных предприятий необходимо усложнение задания в программно-методическом обеспечении.

## 6.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, представленной в таблице 4. Для оценки эффективности научной разработки проводится сравнение разрабатываемого программно-методического обеспечения, существующего программно-методического обеспечения, а также проект программно-методического обеспечения сторонней компанией.

Таблица 4 - Критерии оценки

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Разрабаты ваемое ПОМО	Существу ющее ПОМО	ПОМО сторонней компаний	Разрабаты ваемое ПОМО	Существу ющее ПОМО	ПОМО сторонней компаний
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Удобство в эксплуатации	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
Надежность	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
Простота эксплуатации	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Конкурентоспособность	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
Уровень проникновения на рынок	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
Цена	0,2	4	4	2	0,8	0,8	0,4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4

Продолжение таблицы 4 - Критерии оценки

Условия проникновения на рынок	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
Итого	1	40	24	36	4,5	3,3	3,65

Исходя из оценочной карты, можно заметить, что ПМО является конкурентоспособным. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как высокая стоимость, более простота эксплуатации.

### 6.2.1 SWOT – анализ

SWOT – анализ – это метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 5.

Таблица 5 – SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны:</b> С1. Низкая стоимость. С2. Высокий уровень предоставляемой информации. С3. Удобство в эксплуатации.	<b>Слабые стороны:</b> Сл1. Узкая направленность. Сл2. Затраты на ПО (Step7) для реализации ПМО.
--	---	--

Продолжение таблицы 5 – SWOT-анализ

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Увеличение спроса.</p> <p>В2. Быстрое внедрение ПМО на рынок.</p> <p>В3. Использование ресурсов университета для повышения конкурентоспособности.</p>	<p>Высокой уровень информации и простота в использование приведут к увеличению спроса за счёт выхода на новые рынки. Всему этому поспособствует ВУЗ с высокими возможностями и большими ресурсами.</p>	<p>Узкая направленность приведет к выходу на специализированный рынок, а также к привлечению ресурсов ВУЗа.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Снижение интереса потребителя</p> <p>У2. Увеличение конкуренции.</p>	<p>Низкая стоимости позволит конкурентам создавать копии по примеру разрабатываемого ПМО.</p>	<p>Затраты на установку ПО по работе с ПЛК могут снизить интерес у потребителей.</p>

Найдем соответствия сильных и слабых сторон разрабатываемого ПМО к внешним условиям. Данные построения могут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта, представленные в таблицах 6-9.

Таблица 6 – Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей

		Сильные стороны проекта		
		С1. Низкая стоимость	С2. Высокий уровень предоставляе мой информации.	С3. Удобство в эксплуатации.
Возможности проекта	В1. Увеличение спроса.	-	+	+
	В2. Быстрое внедрение ПМО на рынок.	-	+	+
	В3. Использования ресурсов университета для повышения конкурентоспособнос ти.	+	+	-
Результат	B1C2C3; B2C2C3; B3C1C2			

Таблица 7 – Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей

		Слабые стороны проекта	
		Сл1. Узкая направленность	Сл2. Затраты на ПО (Step7) для реализации ПМО
Возможности проекта	В1. Увеличение спроса.	-	-
	В2. Быстрое внедрение ПМО на рынок.	+	-
	В3. Использования ресурсов университета для повышения конкурентоспособности	+	-
Результат	В2Сл1; В3Сл1		

Таблица 8 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

		Сильные стороны проекта		
		С1. Низкая стоимость.	С2. Высокий уровень предоставляемой информации.	С3. Удобство в эксплуатации.
Угрозы проекта	У1. Снижение интереса потребителя.	-	-	-
	У2. Увеличение конкуренции.	+	-	-

Продолжение таблицы 8 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

Результат	У1С1;
-----------	-------

Таблица 9 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз

		Слабые стороны	
		Сл1. Узкая направленность	Сл2. Затраты на ПО (Step7) для реализации ПМО
Возможные угрозы	У1. Снижение интереса потребителя.	-	+
	У2. Увеличение конкуренции.	-	-
Результат	У1Сл2;		

После проведения SWOT – анализа были выявлены основные проблемы, с которыми может столкнуться проект. А также способы их решения. Для уменьшения возможных угроз необходимо:

Разработка ПМО с использованием лояльных сервисов поможет увеличить интересы потребителя.

Создание товарного знака и оформление интеллектуальной собственности ВУЗа помогут снизить конкуренцию.

## 6.3 Планирование научно-исследовательских работ

### 6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для успешного завершения проекта необходимо грамотное планирование работ, осуществляемых в следующем порядке:

- определение структуры предстоящих работ в ходе НТИ;
- определение участников каждого вида работы;
- установление временных рамок и продолжительности всех работ;
- построение графика реализации НТИ.

Для реализации проектной работы по разработке автоматизированной системы управления необходимо сформировать рабочую группу, в которую

входят научный руководитель и инженер (студент-бакалавр).

Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 10.

Таблица 10 – Этапы выполнения дипломной работы

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей, задач и определение исходных данных исследования	1	Выбор темы ВКР	НР, И
	2	Разработка и утверждение технического задания	НР, И
	3	Поиск литературы по теме	НР, И
	4	Разработка календарного плана выполнения работ	НР, И
Разработка ПМО	5	Обсуждение выбранной литературы	И
	6	Разработка ПМО	И



Продолжение таблицы 10 – Этапы выполнения дипломной работы

Разработка ПМО	7	Тестирование ПМО	И
	8	Наладка ПМО	И
	9	Испытания ПМО	И
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	И
	19	Подготовка презентации дипломного проекта	НР, И

Как можно заметить из таблицы, большинство работы было сделано самостоятельно, но на некоторых этапах требовалась помощь научного руководителя.

### 6.3.2 Разработка графиков проведения научного исследования

Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{ож}$  использовалась следующая формула :

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad 1)$$

где:  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения работы, человеко-дни;

$t_{min}$  – минимальная возможная трудоемкость выполнения работы, человеко-дни;

$t_{max}$  – максимальная возможная трудоемкость выполнения работы, человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ :

$$T_p = \frac{t_{ож}}{ч}, \quad 2)$$

где:  $T_p$  - продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ож}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения работы, человеко-дни;

Ч – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек.

Для удобства построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ следует перевести календарные дни по формуле:

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}}, \quad 3)$$

где:  $T_k$  – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

$T_p$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad 4)$$

где:  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Значение коэффициента календарности для 2020 года [3]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 92 - 26} = 1,48, \quad 5)$$

Для составления расчетной таблицы 11 используются данные таблицы 10 и приведенные выше формулы. Диаграмма Ганта, представляющая собой календарный график работ, приведена на рисунке 22.

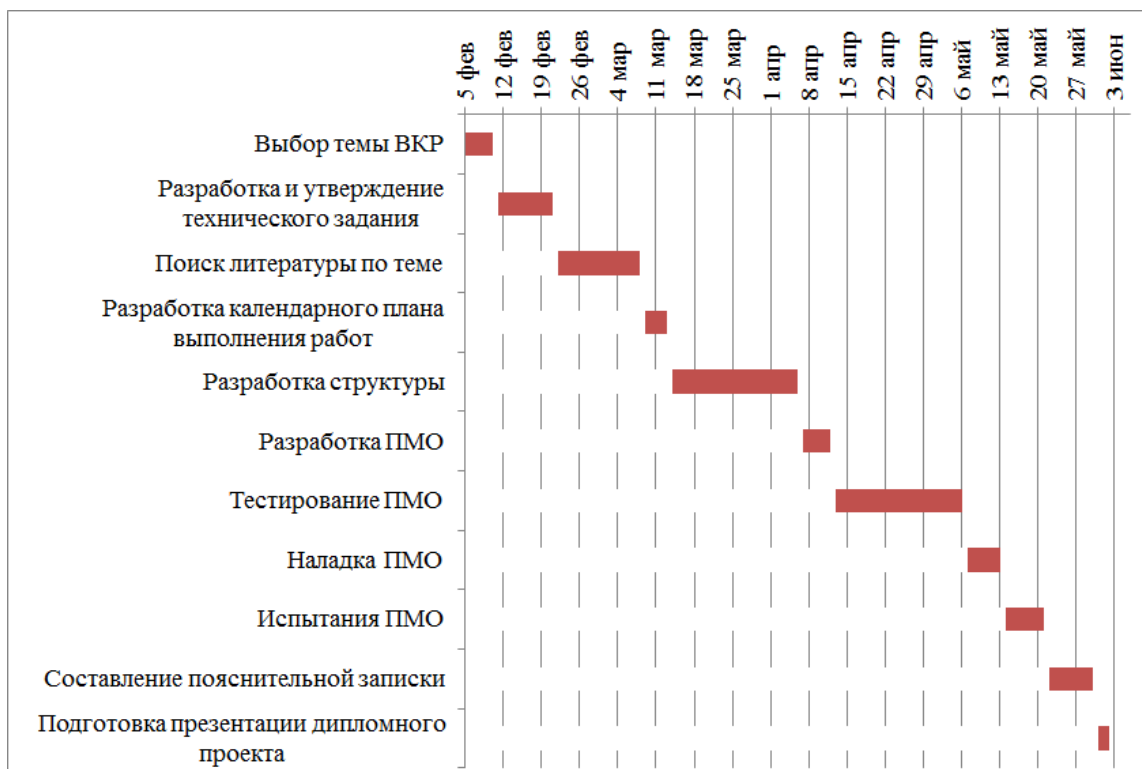


Рисунок 22 - Диаграмма Ганта

Таблица 11 – Расчет трудозатрат на выполнение работ

Наименование работы	Трудоемкость работ									Длительност ь работ в рабочих днях, $T_p$	Длительност ь работ в календарных днях, $T_k$
	$t_{min}$			$t_{max}$			$t_{ож}$				
	Ст.		Рук.	Ст.		Рук.	Ст.		Рук.	Совместно	Совместно
Выбор темы ВКР	2		2	4		4	2,8		2,8	2,8	4,12
Разработка и утверждение технического задания	6			8			6,8		0	6,8	10,00
Поиск литературы по теме	12		3,6	20		6	15,2		4,56	9,86	14,52
Разработка календарного плана выполнения работ	3		0,6	5		1	3,8		0,76	2,37	3,35
Разработка структуры	14			18			15,6		0	15,6	22,93
Разработка ПМО	5		0,5	7		0,7	5,8		0,58	5,8	4,69

Продолжение таблицы 11 – Расчет трудозатрат на выполнение работ

Тестирование ПМО	14			18			15,6		0	15,6	22,93
Наладка ПМО	5		0,5	10		1	7		0,7	3,85	5,66
Испытания ПМО	5		1	10		2	7		1,4	4,2	6,18
Составление пояснительной записки	12			15			13,2		0	6,6	9,702
Подготовка презентации дипломного проекта			2			3	0		2,4	1,2	1,76
Итого:										72	105,84

Из диаграммы на рисунке 22 видно, что практическая часть всего исследования занимает 2 календарных месяца. Выбор темы ВКР и поиск материала не заняло много времени так как тема ВКР была определена заранее. На оформление дополнительных разделов ВКР и подготовка к защите занимает чуть меньше месяца.

## **6.4 Бюджет научно-технического исследования**

### **6.4.1 Расчет материальных затрат**

В этом подразделе производится оценка стоимости всех материальных ценностей, расходуемых в процессе выполнения работ. Теоретические исследования и создание ПМО производится с помощью таких программных продуктов, как SIEMENS Step 7 Professional, Microsoft Office и др. Расчёт материальных затрат приведён в табл. 12.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
ПЛК Siemens S7-300	шт.	1	350 000	350 000
ПО Step 7 Prof	шт.	1	150 000	150 000
<b>Итого</b>				<b>500 000</b>
<b>С учётом ТЗР(10%)</b>				<b>550 000</b>

Таким образом общие материальные затраты составляют 550 000 рублей.

### **6.4.2 Расчет амортизационных отчислений**

Для разработки и наладки ПМО использовался персональный компьютер первоначальная стоимость которого составляла 45 000 рублей. Срок полезного использования офисных машин составляет от 2-х лет и 1-го месяца до 3-х лет.

Норма амортизации рассчитывается по следующей формуле:

$$N = \frac{1}{\text{СПИ}} \cdot 100\%,$$

6)

где: СПИ – срок полезного использования объекта в годах.

Примем срок полезного использования равным 3 года, тогда норма амортизации равна:

$$N = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%,$$

7)

Годовые амортизационные отчисления:

$$N_{\text{год}} = 45000 \cdot 33,3\% = 14850 \text{ руб.},$$

8)

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$N_{\text{мес}} = \frac{14850}{12} = 1237,5 \text{ руб.},$$

9)

Так как написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев, то итоговая сумма амортизационных отчислений равна:

$$N_{\text{мес}} = 1237,5 \cdot 5 = 6187,5 \text{ руб.},$$

10)

### 6.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Действительный годовой фонд рабочего времени руководителя и студента-дипломника представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент-дипломник
Календарное число дней	366	366
Число нерабочих дней:	118	118
– выходные дни		
– праздничные дни		

Продолжение таблицы 13 – Баланс рабочего времени

Потери рабочего времени:	48	48
– отпуск		
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	248	248

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб.	Премия коэффициент	Коэффициент доплат	Районный коэффициент	Месячный должностной оклад работника, руб.	Среднеднев ная заработная плата, руб.	Продолжите льность работ	Заработная плата основная, руб.
Руководитель	20000	0,3	0,2	1,3	41 600	2496	18,8	46 924,8
Студент- дипломник	12500	0,3	0,2	1,3	26 000	1560	77	120 120
Итого								167 044,8

По результатам таблицы у студента-дипломника, оклад которого приравнивается к окладу соответствующего специалиста низшей квалификации, получилась самая большая заработная плата – это связано с наибольшим числом рабочих дней, затраченных на разработку проекта.

#### 6.4.4 Дополнительная заработная плата

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и



общественных обязанностей, при совмещении работ с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	Заработная плата основная, руб.	Коэффициент дополнительной заработной платы	Заработная плата дополнительная, руб.
Руководитель	4 6924,8	0,15	7 038,72
Студент-дипломник	120 120	0,15	18 018
Итого			25 256,72

Так как расчет дополнительной заработной платы представляет собой перемножение основной заработной платы на коэффициент, то результат получился аналогичным с тем, что получился при расчете основной заработной платы.

#### **6.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые исчисления)**

В данном подразделе расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством РФ нормам органам государственного страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ), и медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений определяется по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (11)$$

где:  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Сумма отчислений, руб.
Руководитель	16 296,98
Студент-дипломник	41 717,67
Итого:	58 014,65

По итогу отчисления во внебюджетные фонды составит 58 014,65 руб.

#### 6.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают все затраты, не вошедшие в предыдущие подпункты расходов. Расчет накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{Сумма пунктов 1} \div 5), \quad 12)$$

где:  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов возьмем в размере 15%.

$$З_{\text{накл}} = 0,15 \cdot (550000 + 6187,5 + 167\,044,8 + 25\,256,72 + 58\,014,65) = 120\,975,55 \quad 13)$$

Таким образом, накладные расходы составляют 120 975,55 руб.

#### 6.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НИП

Наименование раздела	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	550 000
2. Амортизационные отчисления	6 187,5
3. Затраты по основной заработной	167 044,8

плате исполнителей проекта	
----------------------------	--

Продолжение таблицы 17 – Расчет бюджета затрат НИП

4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта	25 256,72
5. Отчисления во внебюджетные фонды	58 014,65
6. Накладные расходы	120 975,55
7. Бюджет затрат НИП	927 479,22

В ходе формирования бюджета затрат на научно-исследовательский проект вышло, что затраты составляют примерно 927 479,22 руб. Данный результат не является точным, т.к. в ходе расчетов не учитывались затраты, которые понес руководитель проекта.

#### **6.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.**

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}}, \quad 14)$$

где:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_p$  – стоимость варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Определение финансовой эффективности и ресурсоэффективности основано на расчете интегрального показателя эффективности научного исследования. Разработка ПМО у компании Siemens составляет 1200 000 рублей с использованием аналогичного ПО и оборудования, а у студента-дипломника 927 479,22 рублей.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 18.

Таблица 18– Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	$\Phi_p$	$\Phi_{max}$	$I_{финр}^{студ.}$	$I_{финр}^{Siemens}$
Студент-дипломник	927 480	1200000	0,77	1
Siemens	1200000			

Сравнительная характеристика вариантов исполнения проекта представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная характеристика вариантов проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент-дипломник	«Siemens»
Производительность	0,25	5	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	5
Помехоустойчивость	0,1	4	4
Энергосбережение	0,1	4	4
Надёжность	0,2	4	4
Материалоемкость	0,15	4	5
Итого	1	26	27

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

$I_{\text{студент}}$	$I^{\text{Siemens}}$
4,45	4,6

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп}} = \frac{I_{p-\text{исп}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп}}}, \quad 15)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{\text{исп.студент}}$	$I^{\text{Siemens}}$
5,78	4,6

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}}}{I_{\text{исп.студент}}}, \quad 16)$$

Результаты сравнительной эффективности разработки представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Студент-дипломник	«Siemens»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,77	1

Продолжение Таблицы 22 – Сравнительная эффективность разработки

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45	4,6
Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки	5,78	4,6
Сравнительная эффективность разработки	1	0,92

Исходя из полученных данных представленных в таблице 22, следует, что наиболее эффективной является система, разработанная студентом-дипломником.

### **Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В данном разделе оценены экономические аспекты разработки программно-методического обеспечения для изучения ПЛК Siemens SIMATIC S7-300:

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработка имеет наименьшую конкуренцию на рынке услуг по автоматизации технологических процессов среди средних и мелких компаний и организаций, а также ВУЗов, подготавливающих инженеров по специальности АСУ ТП.

2. Проведен анализ конкурентных технических решений среди уже существующих программно-методических обеспечений. Разрабатываемое ПМО имеет преимущество в таких аспектах, как стоимость, простота эксплуатации, а также высокий уровень предоставляемой информации.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами были обозначены: отсутствие программного обеспечения у потребителей, а также рост конкуренции из-за невысокой стоимости на рынке. Также были найдены возможные пути снижения влияния угроз.

4. При планировании научно-исследовательских работ была определена структура работ в рамках научного исследования, по результату которого можно сделать вывод, что большинство работы проделано самостоятельно, но на некоторых этапах требовалась помощь руководителя. Также был разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всего исследования занимает 2 календарных месяца. Выбор темы ВКР и поиск материала не заняло много времени так как тема ВКР была определена заранее. На оформление дополнительных разделов ВКР и подготовка к защите занимает чуть меньше календарного месяца.

5. В процессе расчета бюджета НТИ было выявлено, что затраты на заработную плату студента превосходит затраты на заработную плату

консультанта и руководителя, это связано с количеством рабочих дней. Также бюджет, требуемый на проведение НТИ составил 927 479,22 руб. Данный результат не является точным, т.к. в ходе расчетов не учитывались затраты, которые понес руководитель проекта.

При оценке эффективности исследования было выявлено, что разработанное программно-методического обеспечения для изучения ПЛК Siemens SIMATIC S7-300 достаточно эффективно по сравнению с ПМО компании «Siemens». По финансовому показателю проект превосходит своих конкурентов, но по показателю ресурсоэффективности отстает.



## **7 Социальная ответственность**

### **Введение**

В данной ВКР представлена разработка программно-методическое обеспечение для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-300.

Программно-методическое обеспечение разработано для работы с ПЛК Siemens SIMATIC S7-300, который установлен на стенде и соединён с персональным компьютером посредством проводного интерфейса RS-485. На персональном компьютере установлено программное обеспечение STEP7 для работы с промышленным контроллером.

В этом разделе приведены правовые нормы, касающиеся исследования, представлены основные опасные и вредные факторы рабочей зоны, их анализ и способы защиты от них. Также оценено влияние на окружающую среду и рассмотрены способы защиты от чрезвычайных ситуаций.

Потенциальные потребители результатов данного исследования: средние и мелкие компании и организации, а также ВУЗы, подготавливающие инженеров по специальности АСУ ТП.

### **7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **7.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Нормальная продолжительность рабочего времени не должна превышать сорока часов в неделю [\*91 статья].

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели и ежедневной смены, число смен в сутки, чередование рабочих и нерабочих дней, время начала и время окончания работы, время перерывов в работе [\*100 статья].

Работнику в течение рабочего дня должен предоставляться перерыв не больше двух часов и не меньше 30 минут для питания и отдыха, не включающийся в рабочее время [\*108 статья].

Работодатель обязан обеспечить безопасные условия и охрану труда, в том числе: безопасность при использовании оборудования, осуществлении технологических процессов и применяемых в производстве материалов, сырья и инструментов; меры по предотвращению аварийных ситуаций и сохранению здоровья и жизни работников при возникновении таких ситуаций; медицинское обеспечение работников и санитарно-бытовое обслуживание [\*212 статья]

### **7.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Одной из самых важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники является проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами.

Организация рабочего места оператора или программиста регламентируется рядом нормативных документов: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [2], ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ [3], ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ [4] и др.

Проектирование рабочих мест с видеотерминалами включает в себя такие эргономические аспекты, как высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к поверхности рабочего стола, расположение документов на рабочем месте (подставки для документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, клавиатуры и др.), характеристики рабочего кресла, регулируемость элементов рабочего места. Стол и кресло являются главными элементами рабочего места оператора или программиста, основное рабочее положение – положение сидя.

## 7.2 Профессиональная социальная безопасность

### 7.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Существует множество опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности. Их ряд, основанный на ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ [5], представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Опасные и вредные факторов, которые может создать объект исследования

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка граммной части	Подключение оборудования	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [6].
2. Повышенный уровень шума			+	2. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [7].
3. Недостаток естественного освещения и недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	3. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [8]. 4. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности [9].
4. Электромагнитные излучения	+	+	+	5. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [10].
5. Электрический ток		+	+	6. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление [11].

Приведенные факторы способны влиять на состояние здоровья и привести к травмоопасной или аварийной ситуации. Для недопущения подобных ситуаций существует необходимость реализации мер по эффективному контролю за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

### **7.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действий опасных и вредных факторов**

Осуществляемые при разработке программно-методического обеспечения виды работ по степени физической тяжести можно отнести к категории легких работ. В таблице 24 представлены оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах для технического персонала.

Таблица 24 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха м/с
Теплый	(23-25)	(22-26)	(40-60)	0,1
Холодный	(21-23)	(20-24)	(40-60)	0,1

Шум также является вредным фактором, который служит источником стресса и превышение уровня которого способно привести к нарушениям слуха. Также шум может привести к несчастным случаям, маскируя предупреждающие сигналы и мешая сконцентрироваться.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [2] уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимые значения, установленные для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Снижение уровня шума возможно при помощи использования звукопоглощающих материалов и занавесок из плотной ткани, создающих дополнительный звукопоглощающий эффект.

Недостаток естественного освещения может ощущаться при проведении подключения оборудования системы и при работе с персональным компьютером. В таблице 25 представлены требования к освещению на рабочих местах.

Таблица 25– Требования к освещенности на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	(300 - 500) лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд / м <sup>2</sup>
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости между рабочими поверхностями	3:1 - 5:1
Отношение яркости между поверхностями стен и оборудования	10:01
Коэффициент пульсации	не более 5%

Для устранения проблемы недостаточного уровня освещенности можно предпринять такие меры, как введение дополнительных источников искусственного света, организация помещений для отдыха, сокращение рабочего дня.

Также вредным фактором производства являются электромагнитные излучения (ЭМИ), защита персонала от воздействия которых осуществляется

с помощью проведения организационных и инженерно-технических мероприятий и использования средств индивидуальной защиты.

Еще одним важным аспектом является рациональное расположение оборудования, использование доступных средств и методов, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала.

### **7.3 Экологическая безопасность**

#### **7.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

Объект исследования, за исключением входящего в него персонального компьютера, не имеет элементов, содержащих токсические вещества, не производит выбросов в атмосферу, а составные части системы не требуют специальной утилизации или обработки по истечению срока службы.

Основой системы является персональный компьютер с ПО. Рассмотрим его влияние на окружающую среду.

#### **7.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду**

Персональный компьютер спроектирован для использования в стационарных и защищенных от внешних возмущений условиях, а также соответствует стандартам:

- ГОСТ 51318.24-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования информационных технологий к электромагнитным помехам. Нормы и методы испытаний [12].

- ГОСТ Р МЭК 60950-2002. Безопасность оборудования информационных технологий [13].

Влияние процесса эксплуатации персонального компьютера и его комплектующих на окружающую среду проявляется в виде отложения твердых отходов, содержащих токсичные вещества.

### **7.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

Для снижения уровня загрязнений окружающей среды необходимо утилизировать технику в соответствии с принятыми стандартами утилизации и переработки, а также внедрять новые методы по использованию отходов.

Экономия электрической энергии также снижает негативное влияние на окружающую среду. Она осуществляется с помощью применения усовершенствованного оборудования и технологий, а также с помощью использования альтернативных источников электроэнергии.

## **7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **7.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями при разработке системы являются короткое замыкание и пожар, т.к. система работает под постоянным электрическим напряжением.

### **7.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований**

При использовании электрического оборудования может возникнуть короткое замыкание. Причиной его возникновения может быть старение или увлажнение изоляции, а также соединение двух точек электрической цепи с разными значениями потенциала.

В помещении существует вероятность пожара по причине электрического и неэлектрического характера.

К причинам электрического характера относятся короткое замыкание, искрение, перегрузку проводов, большое переходное сопротивление, статическое электричество.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное обращение с огнем, курение.

### **7.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Для предотвращения аварийных ситуаций применяются такие меры, как защитное заземление, изоляция контактов, а также систематическая проверка целостности контактов.

В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- в помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи;
- сотрудники должны быть уведомлены о месте нахождения средств пожаротушения, о правильности их применения.

При возникновении пожара следует совершить следующие действия:

- попытаться устранить очаг возгорания при помощи первичных средств пожаротушения;
- если очаг возгорания потушить не удастся, привести в действие ручной пожарный извещатель;
- сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 010;
- принять меры по эвакуации;
- встретить пожарную охрану и при необходимости сообщить информацию о возникновении пожара.



### **Вывод по разделу**

В настоящем разделе представлены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, а именно характерные для объекта исследования правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочего места.

Произведен анализ выявленных вредных и опасных факторов, возникающие в ходе исследования и приведены соответствующие мероприятия по снижению уровня воздействия данных факторов.

Также рассмотрено влияние объекта исследования на окружающую среду и произведен анализ вероятных чрезвычайных ситуаций и их способов предотвращения и устранения.

Рассмотренные выше требования и мероприятия могут применяться при разработке и других программно-методических обеспечений.

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было разработано программно-методическое обеспечение, позволяющее ознакомиться с контроллером SIMATIC S7-300 и получить практические навыки по программированию контроллера в программном пакете SIMATIC STEP7 на языках программирования (FBD, STL и LAD).

для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-300, которое. Данное программно-методическое обеспечение будет включено в учебный курс ОАР ИШИТР,

Для работы с контроллером SIMATIC S7-300 была произведена установка, а затем конфигурация оборудования.

Для составления программно-методического обеспечения были разработаны экранные схемы сепаратора и центрального пункта сбора и подготовки нефти, вода и газа. Экранные схемы были разработаны в программном обеспечении SIMATIC WinCC для понимания технологического процесса и работы объектов.

Немаловажным было создание алгоритмов работы объектов технологического процесса ЦПС. По этим алгоритмам были спроектированы программы на языках LAD, FBD, STL в программном пакете STEP7. Данные программы являются показательными примерами для программирования объектов автоматизации и создания системы управления.

## **Conclusion**

In the course of the final qualification work, software and methodological software was developed for studying the industrial controller SIMATIC S7-300, which will be included in the training course of the DAR ESITR.

To work with the SIMATIC S7-300 controller, installation and then configuration of the equipment was performed.

To compile the software and methodological support, screen designs of the separator and the central collection point for oil, water and gas were developed. Screen diagrams were developed in the SIMATIC WinCC software to understand the process and the operation of objects.

Of no small importance was the creation of algorithms for the operation of technological process facilities. Based on these algorithms, programs in the LAD, FBD, STL languages were designed in the STEP7 software package. These programs are illustrative examples for programming automation objects and creating a control system.

### **Список используемых источников**

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.01.2001 N 197-ФЗ
2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
3. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
4. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
5. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
6. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
7. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
8. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
9. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности
10. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
11. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
12. ГОСТ 51318.24-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования информационных технологий к электромагнитным помехам. Нормы и методы испытаний
13. ГОСТ Р МЭК 60950-2002. Безопасность оборудования информационных технологий
14. Характеристика MPI-подсети [Электронный ресурс] URL: <https://lektsii.org/6-4792.html> (Дата обращения: 20.03.2020)

15. SIMATIC S7-300/400 Программное обеспечение [Электронный ресурс] URL: <http://diss.seluk.ru/pr-raznoe/712789-2-vvedenie-programmiruemiy-kontroller-simatic-s7-300-400-programmnoe-obespechenie-step-gans-berger-programma-sim.php> (Дата обращения: 20.03.2020)
16. ПЛК SIMATIC [Электронный ресурс] URL: <http://nenuda.ru/> (Дата обращения: 20.03.2020)
17. SIMATIC S7-300 [Электронный ресурс] URL: <https://www.siemens-ru.com/doc/S7-300.pdf>
18. SIMATIC S7-300 [Электронный ресурс] URL: <https://docplayer.ru/21072958-Simatic-s7-300-3-obshchie-svedeniya-centralnye-processory-signalnye-moduli.html> (Дата обращения: 20.03.2020)
19. SIMATIC S7-300 [Электронный ресурс] URL: [https://www.novec.ru/catalog/novosibirsk/catalog/siemens/s7\\_300.pdf](https://www.novec.ru/catalog/novosibirsk/catalog/siemens/s7_300.pdf)
20. STL для S7-300 и S7-400 [Электронный ресурс] URL: [http://samsebeplc.ru/Doc/Siemens/STEP7/Step7\\_v5 References STL r.pdf](http://samsebeplc.ru/Doc/Siemens/STEP7/Step7_v5 References STL r.pdf)
21. Программируемые контроллеры S7-300 [Электронный ресурс] URL: [https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-300/05\\_S7\\_300\\_2015\\_rupart-1.pdf](https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-300/05_S7_300_2015_rupart-1.pdf)
22. Назначение контроллеров SIMATIC S7- 300 [Электронный ресурс] URL: <http://progressavtomatika.ru/siemens-simatic-s7-300.php>
23. В.П., Романов. *Основы языка программирования Step7 и базового программного обеспечения промышленных контроллеров SIEMENS*. Новокузнецк: Министерство образования и науки Российской Федерации ФГОУ СПО «Кузнецкий индустриальный техникум», 2009.
24. Бергер, Ганс. *Автоматизация с STEP 7 с использованием LAD и FBD и программируемых контроллеров SIMATIC S7-300-400*. Нюрнберг: Siemens AG, 2001.



**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Программно-методическое обеспечение**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Утверждаю

Декан АВТФ

\_\_\_\_\_ С.А. Гайворонский

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**Юстус М.И.**

**Программно-методическое обеспечение для  
изучения промышленного контроллера SIMATIC  
S7-300**

*Методические указания к выполнению лабораторной работы № по  
курсу «Автоматизированные информационно - управляющие  
системы» для студентов специальностей 15.03.04  
«Автоматизация технологических процессов и производств»*

Издательство

Томского политехнического университета

2020



УДК 681.325.5-181.48(076.5)  
ББК 32.973.26-04я73  
С446

**Юстус М.И.**

С446 Методические указания к выполнению лабораторной работы № по курсу «Автоматизированные информационно - управляющие системы» для студентов специальностей 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

/Юстус М.И. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 40 с.

ISBN 0-00000-000-0

УДК 681.325.5-181.48(076.5)  
ББК 32.973.26-04я73

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры автоматики и компьютерных систем АВТФ «  »        2020 г.

Зав. кафедрой АиКС  
доктор технических наук

\_\_\_\_\_ *Г.П. Цапко*

Председатель учебно-методической  
комиссии

\_\_\_\_\_ *В.И. Рейзлин*

*Рецензент*

Доцент, кандидат технических наук  
*В.Н. Скороспешкин*

**ISBN 0-00000-000-0**

© Томский политехнический университет, 2020  
© Юстус М.И., 2020  
© Оформление. Издательство Томского  
Политехнического университета, 2020

### **Цель работы:**

Изучение основ технологического программирования ПЛК в пакете Step-7.

### **Введение**

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) уже давно и прочно заняли свою нишу на рынке средств автоматизации. Развитие полупроводниковой элементной базы, разработка новых средств информационного обмена, развитие алгоритмов управления способствует тому, что линейка ПЛК непрерывно расширяется.

Задачей логического контроллера является сбор данных, их обработка и преобразование, сохранение в памяти необходимой информации, создание команд управления, которые поступают посредством входов и передаются посредством выходов. Входы и выходы подключаются к датчикам и ключам, к механизмам устройства управления.

Логические контроллеры осуществляют свою работу практически без участия оператора, что позволяет работать в режиме реального времени в жестких условиях эксплуатации, даже при наличии неблагоприятных условий окружающей среды. А чтобы осуществить правильную работу контроллера необходимо выработать навык программирования данных устройств.

В данной работе был проведён анализ ПЛК SIMATIC S7-300, который в свою конструкцию может включать приведенные ниже модули.

## **Модуль центрального процессора (CPU)**

В зависимости от степени сложности решаемой задачи в контроллерах могут быть использованы различные типы центральных процессоров (20 типов), отличающихся производительностью, объемом памяти, наличием или отсутствием встроенных входов-выходов и специальных функций, количеством и видом встроенных коммуникационных интерфейсов и т.д.

К примеру, центральные процессоры S7-300C - это компактные центральные процессоры для решения относительно простых задач автоматического управления, в которых необходима скоростная обработка информации и малое время реакции системы. Наличие встроенных входов и выходов позволяет выполнять непосредственную связь с объектом управления и использовать все центральные процессоры S7-300C в качестве функционально законченных блоков управления. При необходимости система локального ввода-вывода центральных процессоров S7-300C может дополняться сигнальными, функциональными и коммуникационными модулями S7-300. Встроенные функции скоростного счета, измерения длительности периода, обслуживания аппаратных прерываний и ПИД-регулирования (только в CPU 313C-2...) существенно расширяют спектр возможных применений контроллеров.

## **Модули блоков питания (PS)**

Модули обеспечивают возможность питания контроллера от сети переменного тока напряжением 120/230В или от источника постоянного тока напряжением 24/48/60/110В.

К примеру, блоки питания PS 305 и PS 307 предназначены для формирования выходного напряжения  $\approx 24\text{В}$ , необходимого для питания центральных процессоров и целого ряда модулей контроллера SIMATIC S7-300.

Блоки питания PS 307 используют для своей работы входное напряжение  $\sim 120/230\text{В}$ , блоки питания PS 305 - входное напряжение  $\approx 24/48/72/96/110\text{В}$ . Все блоки питания могут использоваться как для питания внутренних цепей контроллера, так и для питания его входных и выходных цепей.

Модуль монтируется на стандартную профильную шину DIN S7-300 в крайней левой позиции. Справа от него монтируется модуль центрального процессора или интерфейсный модуль IM 361 (в стойках расширения). Подключение к центральному процессору или интерфейсному модулю IM 361 производится с помощью силовой перемычки, которая входит в комплект поставки каждого блока питания.

На лицевой панели модуля расположены:

- индикатор выходного напряжения  $\approx 24\text{В}$ ;

- переключатель выбора уровня входного напряжения;
- выключатель;
- терминал для подключения кабеля входного напряжения, кабеля выходного напряжения и защитного заземления.

Модули 6ES7 305-1BA80-0AA0, 6AG1 305-1BA80-2AA0 и 6ES7 307-1EA80-0AA0 сохраняют работоспособность в диапазоне температур от -25 до +60°C. Остальные модули способны работать в диапазоне температур от 0 до +60°C.

## **Сигнальные модули (SM)**

Предназначены для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов с различными электрическими и временными параметрами. Они включают в свой состав:

- модули ввода дискретных сигналов;
- модули вывода дискретных сигналов;
- модули ввода-вывода дискретных сигналов;
- модули ввода аналоговых сигналов;
- модули вывода аналоговых сигналов;
- модули ввода-вывода аналоговых сигналов.

Сигнальные модули могут использоваться во всех модификациях программируемого контроллера SIMATIC S7-300, а также в станциях распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M. Исключение составляют контроллеры S7-300 Outdoor, в которых могут использоваться только сигнальные модули с расширенным диапазоном рабочих температур.

Сигнальные модули выпускаются в пластиковых корпусах. На их фронтальных панелях расположены светодиоды индикации. Количество и назначение светодиодов зависит от типа модуля. За защитной дверцей расположен разъем для установки фронтального соединителя. На тыльной стороне защитной дверцы нанесена схема подключения внешних цепей модуля, на фронтальной стороне дверцы расположен паз для установки этикетки с маркировкой внешних цепей.

Модули устанавливаются в монтажную стойку и фиксируются в рабочих положениях винтами. Порядок установки модулей может быть произвольным. Подключение к внутренней шине контроллера производится через шинные соединители, входящие в комплект поставки каждого модуля. По умолчанию адресация входов определяется номером посадочного места, на котором установлен модуль.

Подключение входных цепей производится к съемным фронтальным соединителям, которые закрываются защитными крышками. В паз крышки вставляется этикетка, на которой наносится маркировка входных цепей. Наличие фронтальных соединителей упрощает монтаж соединительных проводников и позволяет производить замену модулей без демонтажа их

внешних цепей. Этикетка для маркировки внешних цепей входит в комплект поставки модуля.

При первой установке фронтального соединителя на модуль автоматически выполняется операция его механического кодирования. В дальнейшем фронтальный соединитель может быть установлен только на модули такого же типа, что исключает возможность возникновения ошибок при замене модулей. Фронтальный соединитель не входит в комплект поставки модуля и должен заказываться отдельно. Возможен заказ фронтальных соединителей, обеспечивающих подключение внешних цепей через контакты с винтовыми зажимами или через пружинные контакты-защелки.

Для ускорения монтажа для подключения внешних цепей могут применяться модульные или гибкие соединители. Более подробная информация об этих изделиях приведена в разделе “Методы соединения”.

Технические возможности сигнальных модулей перечислены в таблицах их технических данных. Большинство параметров сигнальных модулей настраивается программным путем с помощью утилиты Hardware Configuration пакета STEP 7. Эта утилита позволяет устанавливать времена фильтрации входных дискретных сигналов, диапазоны измерения входных аналоговых величин, параметры аналого-цифрового преобразования, поддержку прерываний, активизировать диагностические функции и т.д.

### **Коммуникационные процессоры (CP)**

Программируемые контроллеры SIMATIC S7-300 обладают мощными коммуникационными возможностями и способны работать в промышленных сетях Industrial Ethernet, PROFIBUS, AS-Interface, MPI, поддерживать соединения через последовательные каналы связи на основе интерфейсов RS 232C, RS 422/ RS 485, TTY. Один программируемый контроллер S7-300 способен работать одновременно в нескольких сетях. Общее количество устанавливаемых логических соединений ограничивается функциональными возможностями центрального процессора.

Коммуникационные модули S7-300 применяются для получения необходимого количества коммуникационных каналов. Большинство коммуникационных модулей оснащено встроенным микропроцессором и буферной памятью, что позволяет выполнять автономную обработку коммуникационных задач с минимальной нагрузкой на центральный процессор контроллера. Многие коммуникационные модули поддерживают функции дистанционного программирования и диагностики контроллера через промышленные сети.

Спектр коммуникационных модулей программируемых контроллеров S7-300/ S7-300C/ S7-300F весьма широк и включает в свой состав:

- коммуникационные процессоры для подключения к Industrial Ethernet:

- CP 343-1, поддерживающий протокол TCP/IP и обеспечивающий передачу данных со скоростью 10/100 Мбит/с;
- CP 343-1 IT, выполняющий функции WEB-сервера и поддерживающий передачу сообщений через электронную почту;
- CP 343-1 PN, обеспечивающий поддержку стандарта PROFINet и возможность использования S7-300 в модульных системах Component Based Automation.
- коммуникационные процессоры для подключения к PROFIBUS:
  - CP 343-5, обеспечивающий обмен данными в сети PROFIBUS и поддерживающий протокол PROFIBUS FMS;
  - CP 342-5, оснащенный встроенным электрическим (RS 485) интерфейсом и выполняющий функции ведущего или ведомого устройства PROFIBUS DP;
  - CP 342-5 FO, оснащенный встроенным оптическим интерфейсом и выполняющий функции ведущего или ведомого устройства PROFIBUS DP.
- коммуникационные процессоры для подключения к ASInterface:
  - CP 343-2, выполняющий функции ведущего устройства AS-Interface;
  - CP 343-2 P, выполняющий функции ведущего устройства AS-Interface и поддерживающий конфигурирование сети из среды STEP 7.
- коммуникационные процессоры для организации PtP (Point-to-Point) связи через последовательные интерфейсы RS 232C, RS 422/RS 485 или TTY (20 мА токовая петля):
  - CP 340 с одним встроенным PtP интерфейсом;
  - CP 341 с одним встроенными PtP интерфейсами и возможностью использования загружаемых драйверов.
- коммуникационные модули семейства SINAUT ST7, позволяющие поддерживать модемную связь.

### **Функциональные модули (FM)**

Функциональные модули предназначены для решения типовых задач автоматического управления, к которым можно отнести задачи скоростного счета, позиционирования, автоматического регулирования, скоростной обработки логических сигналов и т.д. Большинство функциональных модулей наделено интеллектом, что позволяет производить выполнение всех перечисленных задач с минимальными нагрузками для центрального процессора контроллера. В целом ряде случаев функциональные модули способны продолжать выполнение возложенных на них задач даже в случае остановки центрального процессора контроллера.

Функциональные модули могут использоваться в составе программируемых контроллеров SIMATIC S7-300/ S7-300C/ S7-300F, а также станций распределенного ввода-вывода SIMATIC ET 200M.

Функциональные модули включают в свой состав:

- модули скоростного счета FM 350-1, FM 350-2 и CM 35;
- модуль позиционирования с ускоренной подачей FM 351;
- модуль электронного командоконтроллера FM 352;
- скоростной логический сопроцессор FM 352-5;
- модуль позиционирования шаговых двигателей FM 353;
- модули автоматического регулирования FM 355;
- модуль позиционирования и управления движением FM 357-2;
- интерфейсный модуль IM 178-4 для построения распределенных систем управления позиционированием;
- модуль ввода сигналов ультразвуковых датчиков положения SM 338;
- модуль ввода сигналов SSI датчиков позиционирования SM 338 POS;

### **Интерфейсные модули (IM)**

Интерфейсные модули используются для построения многорядных структур контроллера, включающих в свой состав одну базовую (CR) и до трех стоек расширения (ER). Каждая стойка соединяется с другими стойками через интерфейсные модули.

Модуль IM 365 позволяет осуществлять обмен данными между базовой стойкой и одной стойкой расширения. Расстояние между стойками не должно превышать 1м. Стойка расширения не имеет связи с коммуникационной шиной, поэтому в эту стойку нельзя устанавливать модули центральных процессоров, а также функциональные модули FM 353, FM 354, FM 355 и FM 357-2. Питание стойки расширения осуществляется по соединительному кабелю от базовой стойки. Модули IM 365 поставляются парами в комплекте с соединительным кабелем.

Модули IM 360 и IM 361 позволяют создавать конфигурации, включающие в свой состав одну базовую стойку и до трех стоек расширения. IM 360 устанавливается в базовую стойку, модули IM 361 в каждую стойку расширения. Расстояние между двумя соседними стойками может достигать 10м. Каждая стойка расширения должна получать питание =24В. В качестве источников питания могут использоваться модули PS 305 или PS 307. В стойки расширения могут устанавливаться любые сигнальные, функциональные или коммуникационные модули SIMATIC S7-300.

Интерфейсные модули монтируются на профильную шину SIMATIC и соединяются с другими модулями стойки через шинный соединитель. Дополнительного программного обеспечения для конфигурирования интерфейсных модулей не требуется.

### Конструкция S7-300

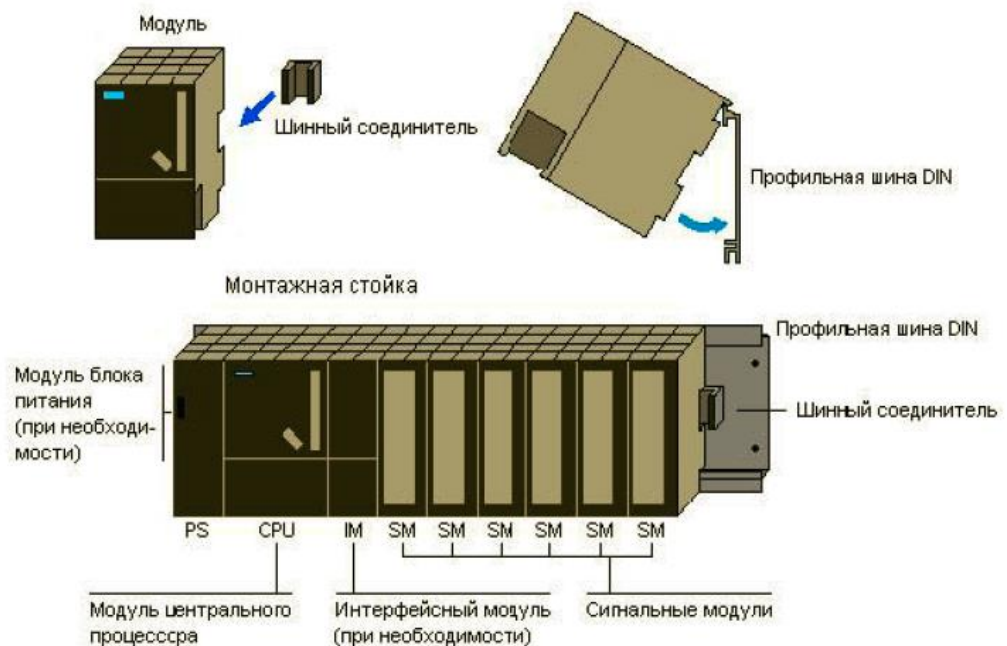


Рисунок 1 - конструкция S7-300

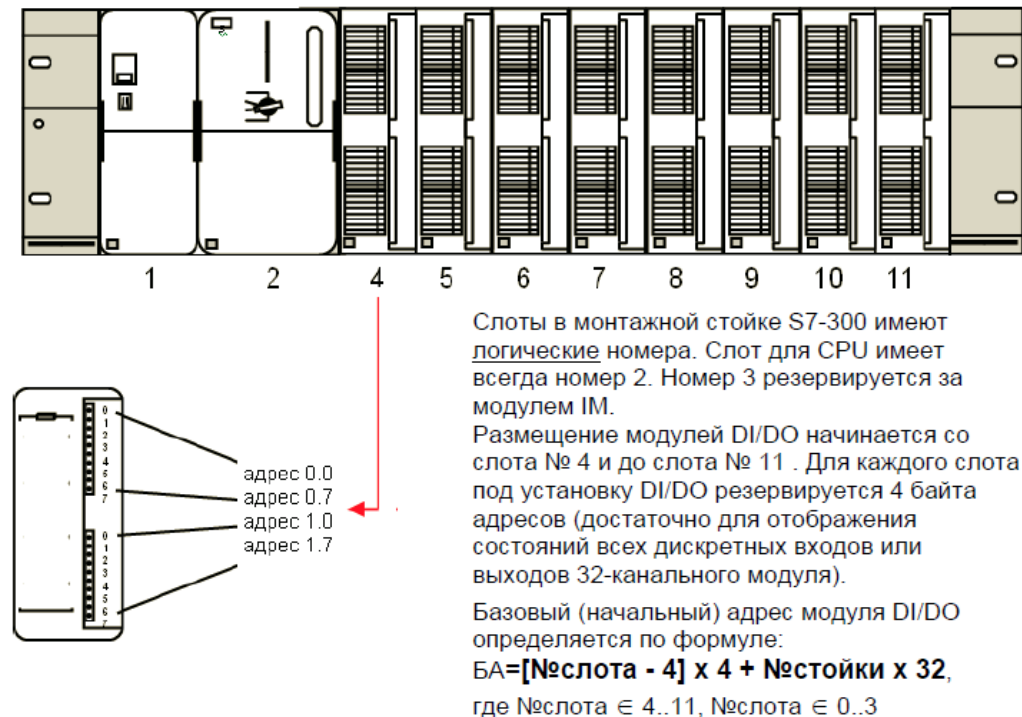
Контроллер SIMATIC S7-300 оснащен широким набором функций, позволяющих в максимальной степени упростить процесс разработки программы, ее отладки, снизить затраты на обслуживание контроллера в процессе его эксплуатации:

- высокое быстродействие и поддержка математики с плавающей запятой;
- удобный интерфейс для настройки параметров;
- человеко-машинный интерфейс (HMI);
- диагностические функции, встроенные в операционную систему контроллера.



## Адресация модулей S7-300

Нумерация слотов (установочных мест) облегчает определение адресов модулей ввода-вывода.



Примеры адресации:

- Если в слот № 5 установлен модуль ввода-вывода дискретных сигналов (16DI/16DO), то его 8 первых входных каналов будут иметь адреса I4.0 ... I4.7, а первые 8 выходных каналов - адреса Q4.0 ... Q4.7.
- Первые 8 каналов модуля вывода дискретных сигналов, установленного в слот № 6, будут иметь адреса Q8.0 ... Q8.7.

Рисунок 2 - Адресация модулей S7-300

Контроллеры SIMATIC S7-300 обладают широкими коммуникационными возможностями:

- коммуникационные процессоры для подключения к сетям PROFIBUS (с встроенным оптическим или электрическим интерфейсом), Industrial Ethernet и AS-Interface;
- коммуникационные процессоры PtP для использования последовательных (RS 232, TTY, RS 422/ RS 485) каналов связи;
- MPI интерфейс, встроенный в каждый центральный процессор и позволяющий создавать простые и недорогие сетевые решения для связи с программаторами, персональными и промышленными компьютерами, устройствами человеко-машинного интерфейса, другими системами SIMATIC S7/C7/WinAC;
- центральные процессоры с дополнительным встроенным интерфейсом PtP, PROFIBUS DP или Industrial Ethernet.

- центральные процессоры S7-300 способны поддерживать следующие виды связи:
- циклический обмен данными с устройствами распределенного ввода-вывода через сети PROFIBUS или AS-Interface;
- обмен данными между интеллектуальными сетевыми станциями (программируемыми контроллерами, устройствами и системами человеко-машинного интерфейса, компьютерами и программаторами) через MPI, RPOFIBUS или Industrial Ethernet. Обмен данными может осуществляться циклически или по прерываниям.

### Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFINET

Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFINET используют для обмена данными между ведущим и ведомыми сетевыми устройствами каналы связи Industrial Ethernet со скоростью передачи данных 10 или 100 Мбит/с. Программируемые контроллеры S7-300 способны выполнять функции PROFINET контроллера ввода-вывода и подключаются к сети через встроенные интерфейсы центральных процессоров CPU 315-2 PN/DP или CPU 317-2 PN/DP, а также через коммуникационный процессор CP 343-1 с операционной системой от V2.0 и выше. Функции ведомых PROFINET устройств способны выполнять станции распределенного ввода-вывода ET 200S и ET 200pro с соответствующими интерфейсными модулями, а также видео датчики SIMATIC VS130-2.

К одному контроллеру ввода-вывода допускается подключать до 128 ведомых устройств.

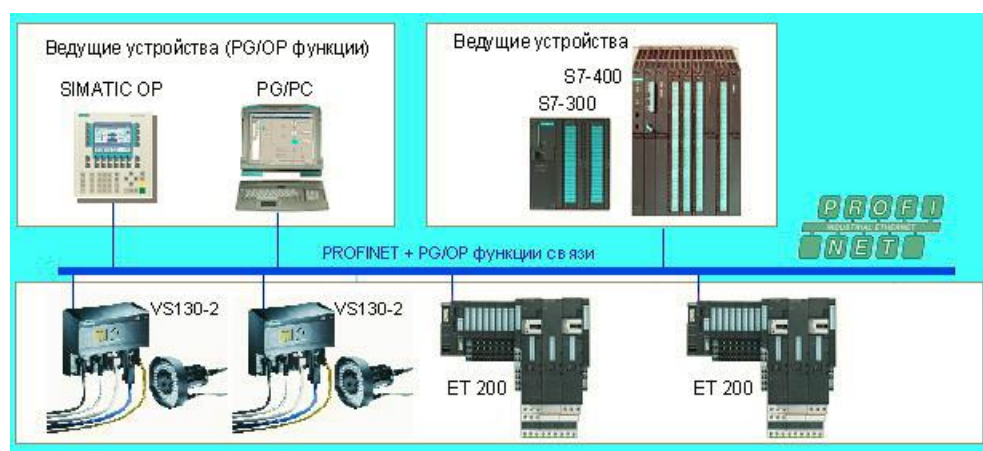


Рисунок 3 - Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFINET

## **Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFIBUS DP**

Сеть PROFIBUS DP обеспечивает поддержку мультимастерного режима работы и позволяет объединять до 128 сетевых устройств. Ее протяженность с электрическими каналами связи может достигать 9.6 км, с оптическими каналами связи - 96 км. Максимальная скорость передачи данных равна 12 Мбит/с.

Подключение контроллеров S7-300 к сети PROFIBUS DP производится с помощью коммуникационных процессоров CP 342-5 (FO) или через встроенный интерфейс центрального процессора. Центральные процессоры с встроенным интерфейсом PROFIBUS DP позволяют создавать распределенные системы автоматического управления со скоростным обменом данными между ее компонентами. В такой системе центральный процессор выполняет функции ведущего или ведомого DP устройства.

Обращение к входам-выходам устройств распределенного ввода-вывода из программы пользователя производится теми же способами, что и к входам-выходам системы локального ввода-вывода.

Функции ведущих сетевых устройств способны выполнять:

- программируемые контроллеры S7-300/ S7-400/ C7, подключенные к сети через встроенный интерфейс центрального процессора, коммуникационный процессор или интерфейсный модуль (IM 467/IM 467FO в S7-400);
- системы компьютерного управления SIMATIC WinAC, подключенные к сети через встроенный интерфейс слот контроллера или через коммуникационный процессор компьютера.

В качестве ведомых DP устройств могут быть использованы:

- станции распределенного ввода-вывода ET 200B/L/M/S/iS/iSP/X/R/Eco/Pro;
- контроллеры S7-300 и системы автоматизации SIMATIC C7, подключенные к сети через коммуникационный процессор CP 342-5 или встроенный интерфейс центрального процессора;
- центральные процессоры S7-400 с встроенными интерфейсами PROFIBUS DP и операционной системой от V3.0;
- модули связи DP/ASi, обеспечивающие доступ ведущего DP устройства к датчикам и приводам, подключенным к AS-Interface;

- модули и блоки связи DP/PA, обеспечивающие доступ ведущего DP устройства к датчикам и приводам, подключенным к сети PROFIBUS PA;
- приборы полевого уровня;
- системы визуального контроля и анализа изображений серий SIMATIC VS 100/710/720;
- преобразователи частоты серий MICROMASTER, SIMOVERT MASTERDRIVES и SINAMICS;
- защитная и коммутационная аппаратура с встроенным интерфейсом ведомого DP устройства и т.д.



Рисунок 4 - Системы распределенного ввода-вывода на основе PROFIBUS DP

### Системы распределенного ввода-вывода на основе AS-Interface

AS-Interface - сеть полевого уровня с одним ведущим устройством. Все сетевые компоненты связываются 2-жильным кабелем, через который производится обмен данными и подводится питание к сетевым устройствам. Протяженность сети может достигать 300 м. В AS-Interface программируемый контроллер SIMATIC S7-300 способен выполнять только функции ведущего устройства. Подключение к сети производится через коммуникационный процессор CP 343-2 или CP 343-2P. CP 343-2/CP 343-2P выполняет все функции ведущего устройства AS-Interface спецификации V2.1 и позволяет производить подключение до 62 дискретных или до 31 аналогового ведомого устройства. За счет этого один коммуникационный процессор способен обслуживать до 248 дискретных входов и до 186 дискретных выходов или до 124 аналоговых каналов ввода-вывода. Полный цикл сети с 62 ведомыми устройствами равен 10 мс.

## Последовательные (PtP) каналы связи

Связь через PtP (Point-to-Point) интерфейс осуществляется через встроенные интерфейсы CPU 313C-2PtP/ CPU 314C-2PtP, а также через коммуникационные процессоры CP 340 и CP 341.

Через PtP интерфейс S7-300 может быть связан: с программируемыми контроллерами SIMATIC S7/S5, а также программируемыми контроллерами других производителей; принтерами; системами управления роботами; модемами; сканнерами и другими устройствами.

В CPU 31xC-2PtP для организации связи используется интерфейс RS 422/ RS 485. За счет соответствующих программных настроек этот интерфейс способен обеспечивать поддержку ASCII протокола, протокола 3964 (R), протокола RK 512 (только в CPU 314C-2PtP). Скорость передачи данных в дуплексном режиме (RS 422) достигает 19.2 Кбит/с, в полудуплексном режиме (RS 485) -38.4 Кбит/с.

В CP 340 и CP 341 могут использоваться последовательные интерфейсы TTY (20мА токовая петля); RS 232C/V.24 или RS 422/RS485. Поддерживаемые протоколы и скорость передачи данных определяются типом коммуникационного процессора, типом используемого последовательного интерфейса и используемым программным обеспечением. В комплект поставки коммуникационных процессоров входят руководства и специальные функциональные блоки для реализации функций связи.



Рисунок 5 - Последовательные (PtP) каналы связи

## Обмен данными через сеть MPI

MPI (Multi Point Interface) интерфейс встроен во все центральные процессоры семейства S7-300 и может быть использован для создания простых сетевых решений. MPI интерфейс позволяет поддерживать одновременную связь с программаторами, компьютерами, устройствами человеко-машинного интерфейса, программируемыми контроллерами S7-300/ S7-400/ C7.

- В сети MPI центральные процессоры S7-300 способны поддерживать циклический обмен данными не более чем с 16 партнерами по связи,

передавая за один цикл до 4 пакетов глобальных данных по 22 байта каждый (только для STEP 7 V4.x и более поздних версий).

- Внутренняя коммуникационная шина (К-шина). MPI интерфейс центрального процессора соединен с К-шиной контроллера S7-300. За счет этого через MPI интерфейс обеспечивается непосредственное обращение программатора к функциональным модулям (FM) и коммуникационным процессорам (CP) контроллера.
- Гибкие возможности расширения, обеспечиваемые использованием сетевых компонентов и кабелей электрических (RS 485) сетей PROFIBUS.
- Мощная коммуникационная технология:
  - возможность объединения до 32 MPI станций;
  - до 32 логических соединений на процессор для обмена данными с контроллерами SIMATIC S7-300/ S7-400/ C7, устройствами человеко-машинного интерфейса, компьютерами и программаторами;
  - скорость передачи данных 187,5 Кбит/с.



Рисунок 6 - Обмен данными через сеть MPI

### Конструктивные и функциональные особенности

Центральные процессоры S7-300 характеризуются следующими показателями:

- большие объемы памяти программ: от 16 Кбайт в CPU 312 до 512 Кбайт в CPU 317;
- загружаемая память в виде микрокарты памяти (3В NVFlash-EEPROM) емкостью до 8 Мбайт;



- повышенное быстродействие. Время выполнения логической операции составляет 50 ... 200 нс, арифметической операции с плавающей запятой - 1 ... 6 мкс;
- выбор режимов работы (RUN/ STOP/ MRES) с помощью встроенного переключателя;
- работа с естественным охлаждением без использования буферной батареи;
- необслуживаемое сохранение всех данных в микрокарте памяти (MMC) при перебоях в питании контроллера;
- возможность хранения в MMC архива полного проекта STEP 7 со всеми комментариями и символьными именами;
- поддержка возможности обновления операционной системы центрального процессора с помощью MMC емкостью не менее 2 Мбайт;
- наличие встроенного интерфейса MPI, используемого для программирования, диагностики, обслуживания и построения простейших сетевых структур;
- наличие набора встроенных входов-выходов и поддержка на уровне операционной системы целого ряда технологических функций (центральные процессоры S7-300C и CPU 31xT-2 DP);
- поддержка на уровне операционной системы функций автоматики безопасности и противоаварийной защиты (CPU 315F-2 DP и CPU 317F-2 DP);
- широкие коммуникационные возможности:
  - интерфейс MPI, встроенный во все типы центральных процессоров, обеспечивающий возможность программирования, диагностики и обслуживания контроллеров S7-300, а также построения наиболее простых сетевых структур;
  - интерфейс PROFIBUS DP (в CPU 31...-2 DP), позволяющий подключать S7-300 к сети PROFIBUS DP в качестве ведущего (DPV1) или ведомого DP устройства без использования коммуникационных процессоров;
  - интерфейс PROFIBUS DP/PROFIsafe (в CPU 315F-2 DP и CPU 317F-2 DP), позволяющий подключать S7-300F к сети PROFIBUS DP и выполнять обмен данными с компонентами распределенной системы автоматики безопасности с поддержкой профиля PROFIsafe;

- интерфейс PROFIBUS DP/ DRIVE (в CPU 31xT-2 DP), позволяющий подключать S7-300 к сети PROFIBUS DP и выполнять обслуживание распределенных систем позиционирования с приводами SIMOVERT MASTERDRIVE, выполняющими функции ведомых DP-устройств;
  - интерфейс Industrial Ethernet (в CPU 315-2 PN/DP и CPU 317-2 PN/DP), обеспечивающий поддержку стандарта PROFINET и возможность использования S7-300 в модульных системах Component Based Automation и системах распределенного ввода-вывода на основе Industrial Ethernet;
  - интерфейс PtP (в CPU 31...C-2 PtP), обеспечивающий возможность организации последовательной связи через RS 422/RS 485 с поддержкой протоколов ASCII, 3964 (R) и RK 512 (только в CPU 314C-2 PtP).
- поддержка одновременной работы нескольких коммуникационных процессоров, выполнение функций шлюзового устройства между различными сетями, до 32 коммуникационных соединений на один центральный процессор;
  - диагностический буфер: сохраняет 100 последних сообщений об отказах и прерываниях. Содержимое буфера используется для анализа причин, вызвавших остановку центрального процессора.

STEP 7, дальнейшее развитие STEP 5, является программным обеспечением разработки программ для нового SIMATIC. С целью использования преимущества знакомого пользовательского интерфейса стандартных ПК (PC) (окна, операции с мышью) в качестве операционной системы выбрана Microsoft Windows 95/98 или Windows NT. Для структурного (блочного) программирования STEP 7 предоставляет языки программирования, соответствующие DIN EN 6.1131-3.

К ним относятся:

- STL (statement list - список операторов или список мнемоник; ассемблероподобный язык);
- LAD (ladder logic или ladder diagram - контактный план; представление, схожее с диаграммами релейной логики; многоступенчатая схема);
- FBD (function block diagram-диаграмма функциональных блоков или функциональный план);
- пакет SCL (паскалеподобный язык высокого уровня), который является дополнительным и может не входить в стандартную поставку.



Различные методы представления позволяют каждому пользователю выбрать подходящее описание функции управления. Такая широкая адаптация в представлении решаемой задачи управления значительно упрощает работу со STEP 7.

## Программная часть

Для работы в Step-7 необходимо запустить SIMATIC Manager Step-7.



Сразу при открытии появляется помощник (рис.7), предлагающий создать проект.

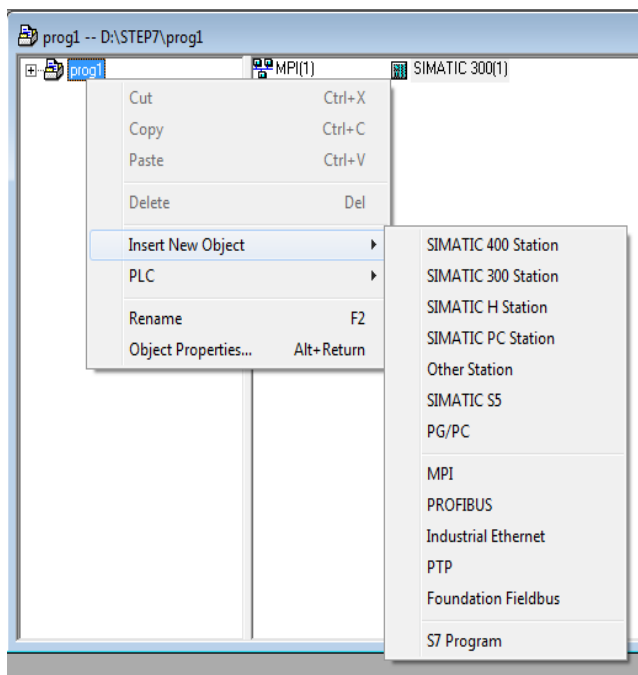


Рисунок 7 - Создание проекта

Для начала ручной настройки требуется нажать кнопку *Cancel*.

Для начала необходимо указать оборудование, которое будет использоваться в проекте.

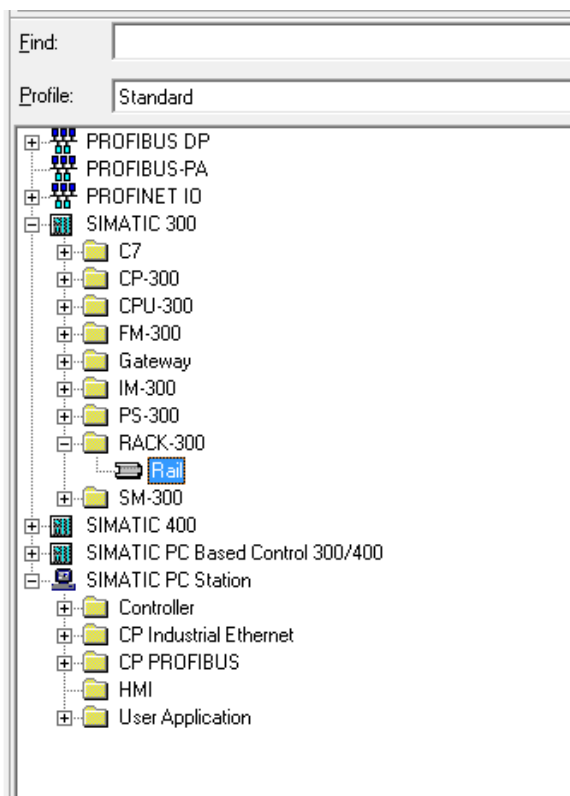
Для этого следует перейти *File->New*, в графе *Name* указать имя проекта и нажать *OK*.



Теперь необходимо добавить станцию SIMATIC 300 Station, так как в данной работе представлен контроллер S7-300.

Для этого нужно правой клавишей мыши нажать на имя проекта, выбрать *Insert New Object -> SIMATIC 300 Station*.

Для того чтобы перейти в *Конфигуратор*, необходимо нажать двойным щелчком мыши на



название станции и перейти на уровень *Hardware(Конфигуратор)*.

В правой части конфигуратора (рис.8) находится аппаратура, которая конфигурируется согласно ТЗ. Необходимо выбрать *Rail(Шина)* в папке *RACK-300(Стойка)* и перетащить ее в рабочую зону (нажать два раза по *Rail(Шина)*, либо зажать левую клавишу и перетащить вручную).

Рисунок 8 - Конфигуратор

Окно стойки (0)UR предназначено для конфигурации аппаратных средств. На первую строку стойки (0)UR необходимо добавить *Power supply(Блок питания)* PS 307 5A(заказной номер 1EA00) из папки PS-300 (он всегда находится на первой

строке стойки (0)UR). (Рис. 9.)

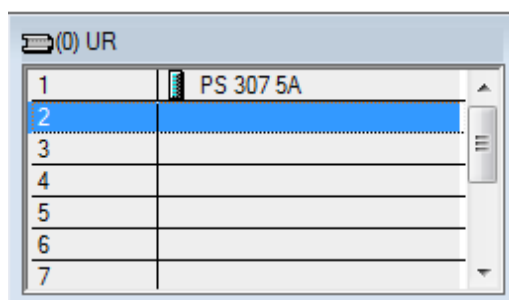


Рисунок 9 - Стойка

Далее следует добавить CPU(ЦПУ) с заказным номером 6ES7 314-6CG03-0AB0(CPU 314-C 2DP) из папку CPU 300 -> CPU 313C. Также можно воспользоваться поисковой строкой *Find*, в строке ввести заказной номер ЦПУ и добавить на стойку.

При добавлении ЦПУ появится окно, показано на рисунке 10. В этом окне нужно настроить связь с контроллером с помощью PROFIBUS DP. При нажатии кнопки *Properties(Свойства)* во вкладке параметры нужно выбрать PROFIBUS(1), а также адрес соединения. Либо нажать *New* и добавить PROFIBUS, задав параметры (далее параметры можно будет изменить, исходя из адресации стенда).

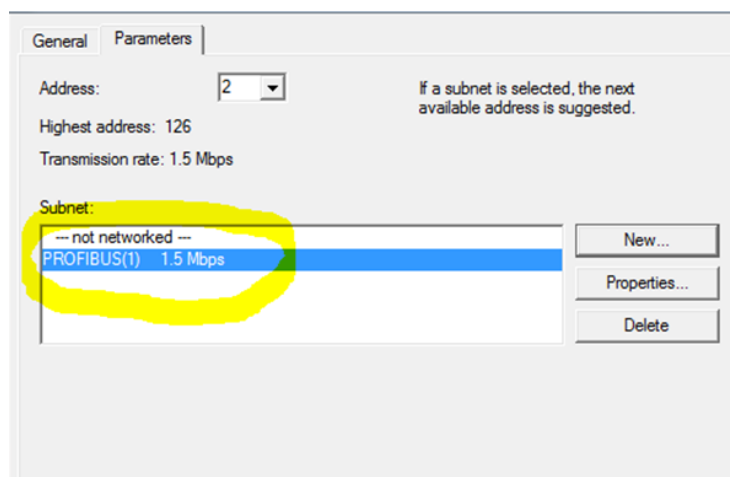


Рисунок 10 - Настройка адреса

Теперь на добавленную промышленную сеть PROFIBUS(1): DP master system (1) необходимо "подвесить" распределенные станции ввода-вывода ET 200 M и их интерфейсные модули IM 153.

Для этого следует нажать правой кнопкой мыши на PROFIBUS(1): DP master system (1). Интерфейс выделится черным цветом. Во всплывающем меню выбрать *Insert Object* (Добавить объект) (рис.11). В выпадающем списке представлены все существующие станции распределенного ввода-вывода. Необходимо выбрать папку ET 200M, а в новом всплывающем окне указать интерфейсные модули IM 153-2. В окне свойств PROFIBUS interface IM 153-2 нужно установить адрес первого модуля 7, второго модуля - 15.

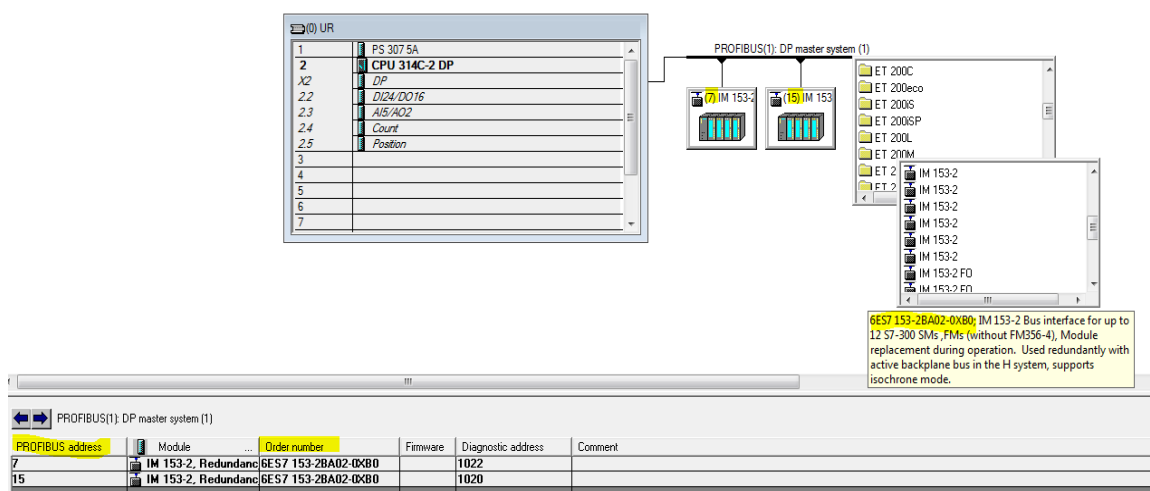


Рисунок 11- Добавление интерфейсных модулей

Чтобы сохранить изменения, следует нажать *Save*.

В окне SIMATIC Manager представлен созданный проект.

Внутри проекта(*Project*) данные хранятся в виде объектов в иерархической структуре. Станция SIMATIC(*Simatic Station*) и CPU содержат данные о конфигурации и параметрах аппаратного обеспечения (рис. 12).

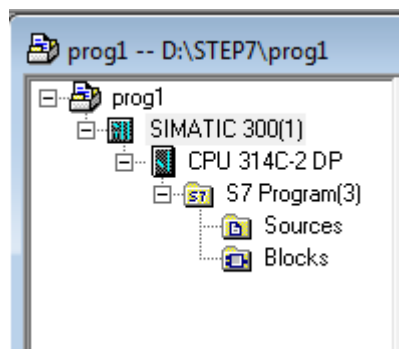


Рисунок 12 - Структура

Программа S7 (*S7-Program*) включает в себя все *блоки(Blocks)* с программами, необходимыми для управления стандом.

## Создание программ.

Используя пошаговое создание программ, пользователь вводит программу непосредственно блок-за-блоком (block-by-block). Синтаксис вводимой информации немедленно проверяется. Блок компилируется одновременно с записью и сохранением его в контейнере *Blocks* (Блоки).

С помощью пошагового программирования пользователь также может редактировать блоки в CPU в онлайн-режиме, даже во время выполнения операций. Пошаговое программирование доступно для всех основных языков.

Необходимо создать три организационных блока с возможностью программирования на языках LAD, STL и FBD.

Для этого нужно перейти на уровень *Blocks*(Блоки), в пустом пространстве правой нажать правой клавишей мыши и добавить новый объект(*Insert New Object*), а именно *организационный блок*(*Organization Block*). Автоматически откроется окно редактирования блока. Необходимо выбрать *Created in Language* (Выбор языка программирования) и создать три разных блока (рис. 13).

В STEP 7 OB1 обрабатывается CPU циклически. CPU читает и исполняет строка за строкой команды программы. Когда CPU возвращается к первой строке программы, он завершает ровно один цикл. Время, необходимое для этого, называется временем цикла сканирования.

Для ознакомления разработаем по одной программе для каждого языка, а затем программу более сложного уровня для языков LAD и FBD.

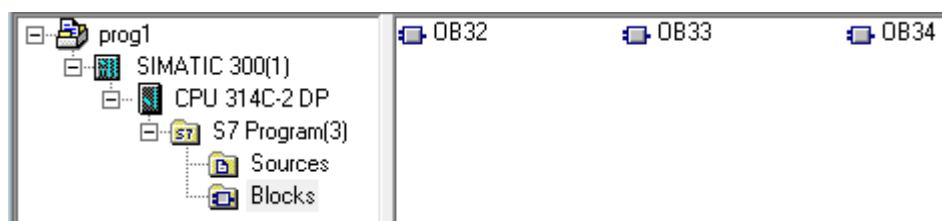


Рисунок 13- Организационные блоки

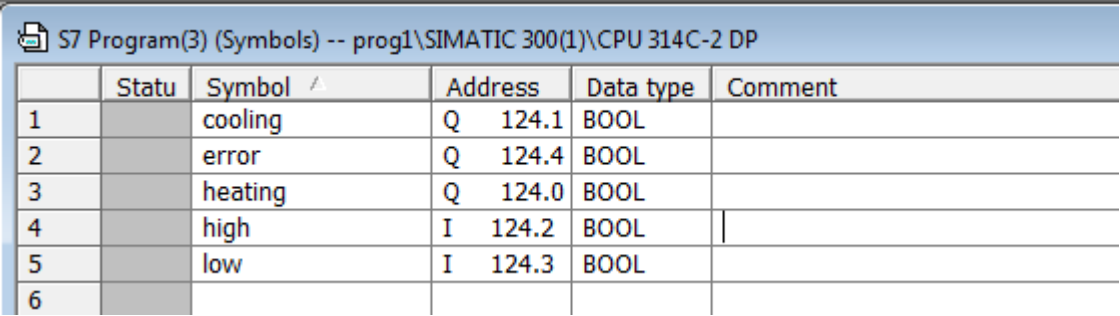
## Задание для программы.

Необходимо запрограммировать систему контроля температуры. В системе установлен датчик температуры с сигнализацией High level\Low level. Если температура достигает Low level, то система подает сигнал, и включается нагрев. Если температура достигает High level, то включается охлаждение. При этом нагрев и охлаждение не могут работать одновременно. Если индикаторы High level\Low level показывают критическое состояние в одно и то же время, то в системе произошел сбой.

В программе обрабатываются сигнальные состояния значений адресов. Адресом является, например, вход I 1.0 (*абсолютная адресация - absolute addressing*). С помощью таблицы символов под объектом *Symbols* (*Символы*) пользователь может назначить адресу символ (буквенно-цифровое имя, например, «Heating» или «Cooling») и затем обращаться к нему по этому имени (*символическая адресация - symbolic addressing*).

В символической адресации различают *локальные(local)* и *глобальные(global)* символы. Локальный символ известен только в блоке, в котором он был определен. Пользователь может использовать одинаковые локальные символы в разных блоках для различных целей. Глобальный символ известен во всей программе и имеет одинаковое значение во всех блоках. Глобальные символы определяются в таблице символов (объект *Symbols* (*Символы*) в контейнере *S7 Program* (*S7-программа*)).

Для создания таблицы символов необходимо в объекте *S7 Program* (1) открыть *Symbols* (*Символы*). Следует объявить переменные по примеру, представленному на рисунке 14. Далее эти символы будут использоваться в каждом из блоков.



	Statu	Symbol	Address	Data type	Comment
1		cooling	Q 124.1	BOOL	
2		error	Q 124.4	BOOL	
3		heating	Q 124.0	BOOL	
4		high	I 124.2	BOOL	
5		low	I 124.3	BOOL	
6					

Рисунок 14 - Объявление глобальных символов

Все блоки программируются в окне LAD/STL/FBD (рис.15).

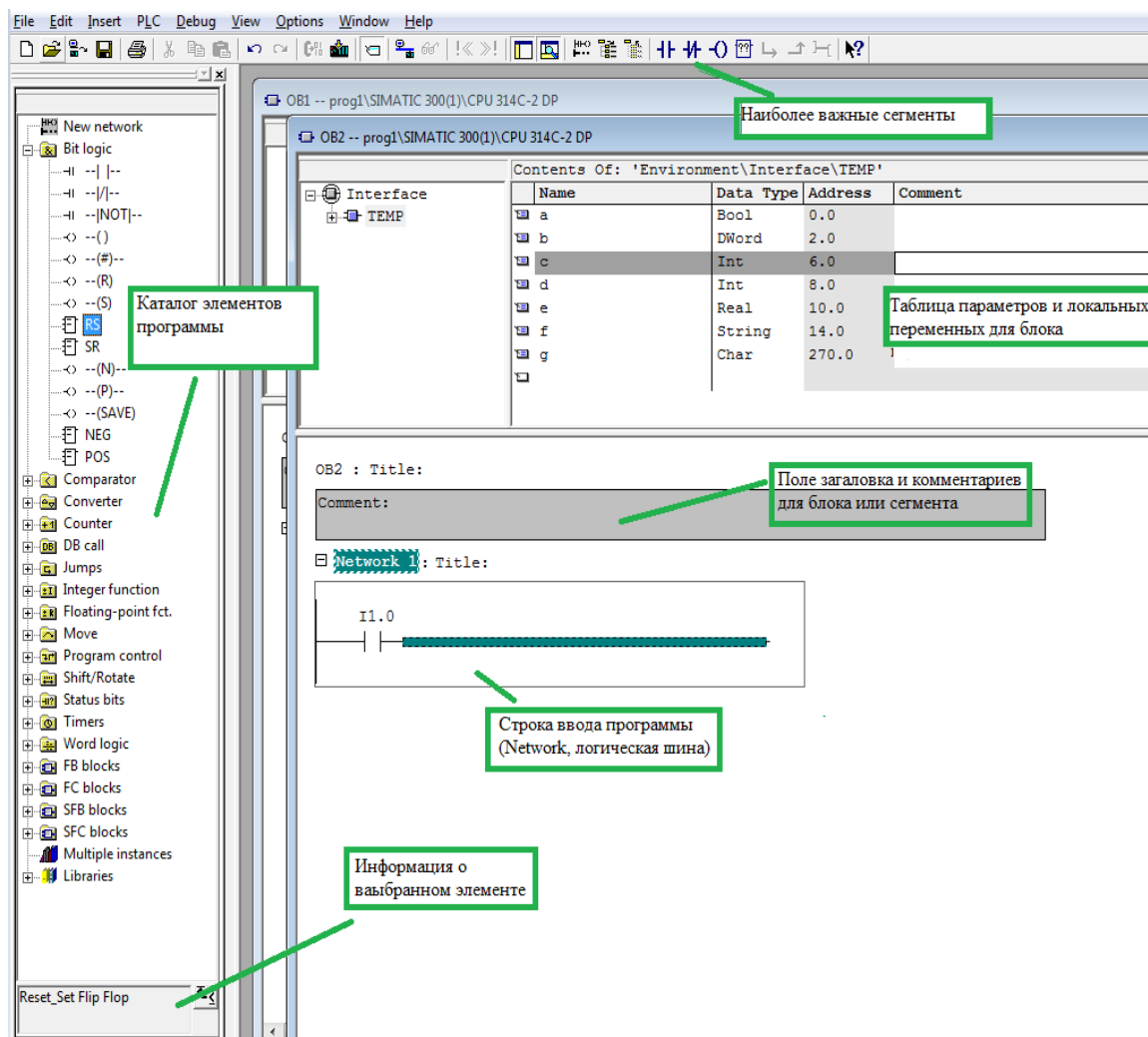
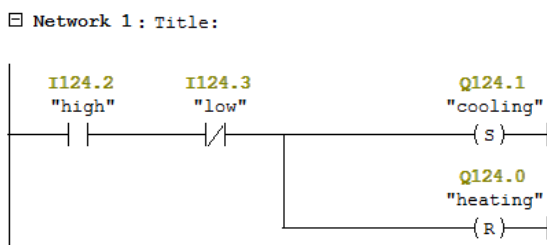
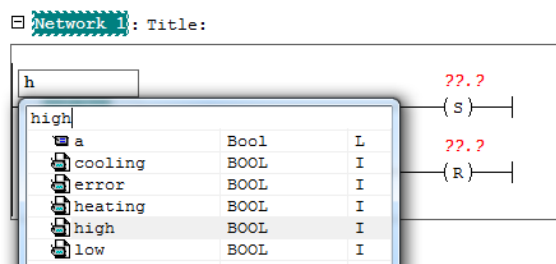
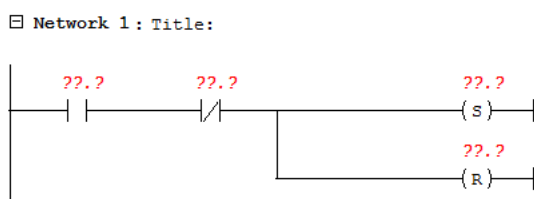
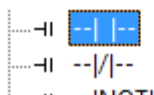
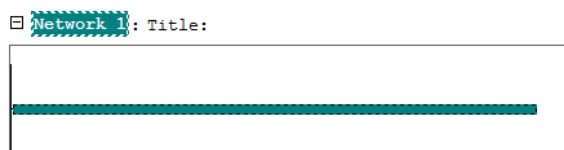


Рисунок 15 - Окно LAD/STL/FBD



## Написание программы на языке LAD.

Необходимо перейти в блок(*Organization block*) с языком программирования LAD.



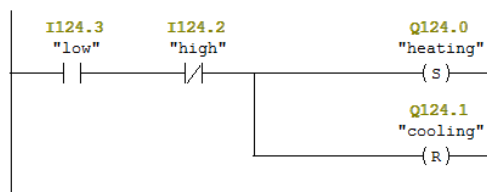
Для начала программирования следует выделить шину Network 1. Затем добавить *Normally Open Contact* (Нормально открытый контакт). Таким же образом следует добавить *Set* (Установить) и *Normally Close Contact* (Нормально закрытый контакт).

Необходимо добавить разветвление логической шины (*Open Branch*), нажав на первоначальную ветвь. На созданной ветви - добавить *Reset* (Сброс).

Каждый из элементов требует переменную, поэтому следует изменить «??.» на переменные (символы), определенные ранее (Символьное имя). Необходимо определить все переменные.

*Network 1* описывает включение (*Set*) охлаждения в системе при достижении максимальной температуры. Сигнал поступает на вход I124.2 («high») с датчика температуры. Так как охлаждение и нагрев не могут работать одновременно, то нагрев автоматически выключается (*Reset*) (если он был включен).

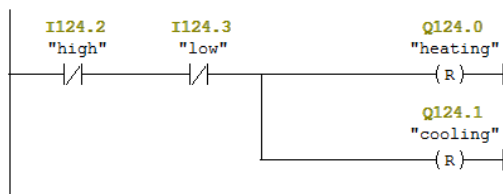
Network 2 : Title:



Аналогично для *Network 2* необходимо добавить элементы.

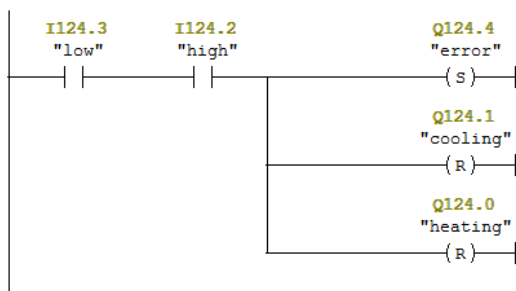
Аналогично для *Network 3* необходимо добавить элементы.

Network 3 : Title:



В данном случае рассматривается вариант работы, когда температура находится в безопасном диапазоне.

Network 4 : Title:



Аналогично для *Network 4* необходимо добавить элементы. В данном случае рассмотрен вариант, когда сразу с двух датчиков идет сигнал о критической температуре. Это означает, что в системе произошел сбой(error).

Чтобы сохранить изменения, следует нажать *Save*.

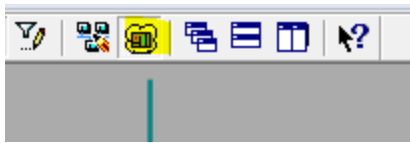
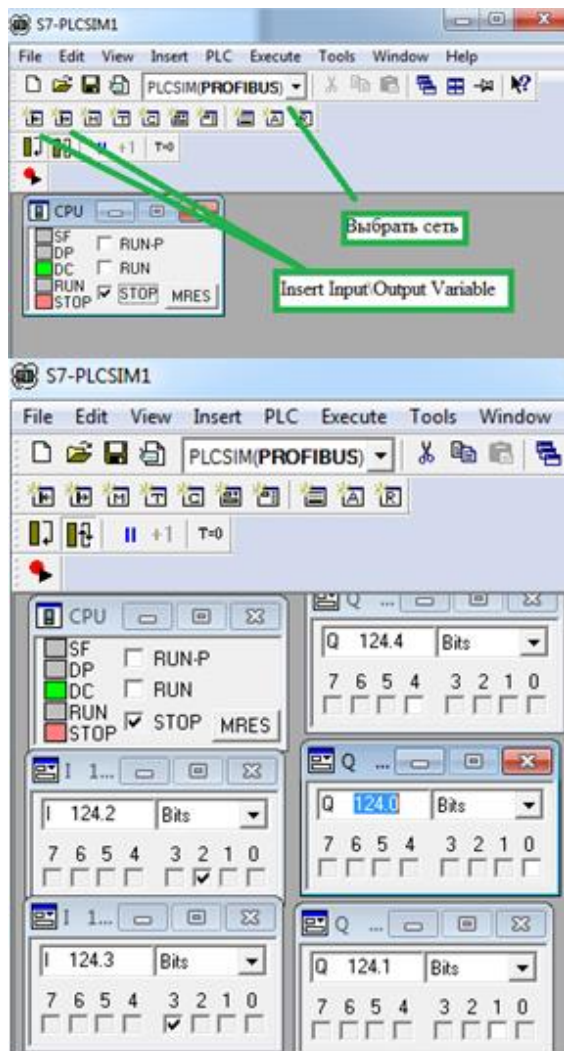


Рисунок 16 - Вызов симулятора ПЛК



Для проверки работоспособности программы не обязательно подключать реальное оборудование. В STEP 7 есть возможность симуляции ПЛК с помощью дополнительного пакета S7-PLCSIM. После написания программы необходимо вызвать симулятор ПЛК, для этого нажать на *Simulation ON\OFF* (рис. 16).

Далее откроется окно симулятора ПЛК, где следует поменять сеть на PROFIBUS, а также добавить объекты *Insert Input Variable* (2 шт.) и *Insert Output Variable* (3 шт.).

Такое количество соответствует переменным, указанным в программе. Эти объекты позволяют отслеживать и изменять входные и выходные переменные.

Необходимо озаглавить каждый из объектов(*Input/Output*) исходя из абсолютных адресов.

Помимо объектов *Input Variable* и *Output Variable* для тестирования программы вы также можете использовать *Variable Table*(Таблица переменных). Для этого необходимо перейти к папке *Blocks*(Блоки) в *SIMATIC Manager*.

Затем следует нажать(*Insert New Object*), из всплывающего окна добавить *Variable Table*(Таблица переменных) и сохранить настройки по умолчанию (рис. 17).

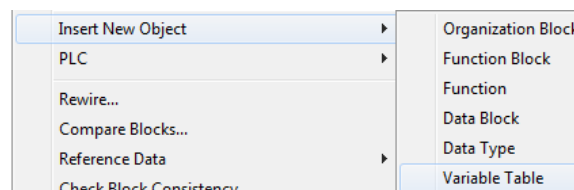


Рисунок 17 - Добавить таблицу переменных

VAT1 (таблица переменных) создается в папке блоков. Изначально таблица будет пуста. Чтобы заполнить таблицу, следует перейти в эту таблицу и внести переменные вручную (рис. 18), либо скопировать их из *Symbols*(Символы). Вы можете менять формат данных на мониторе(*Display format*).

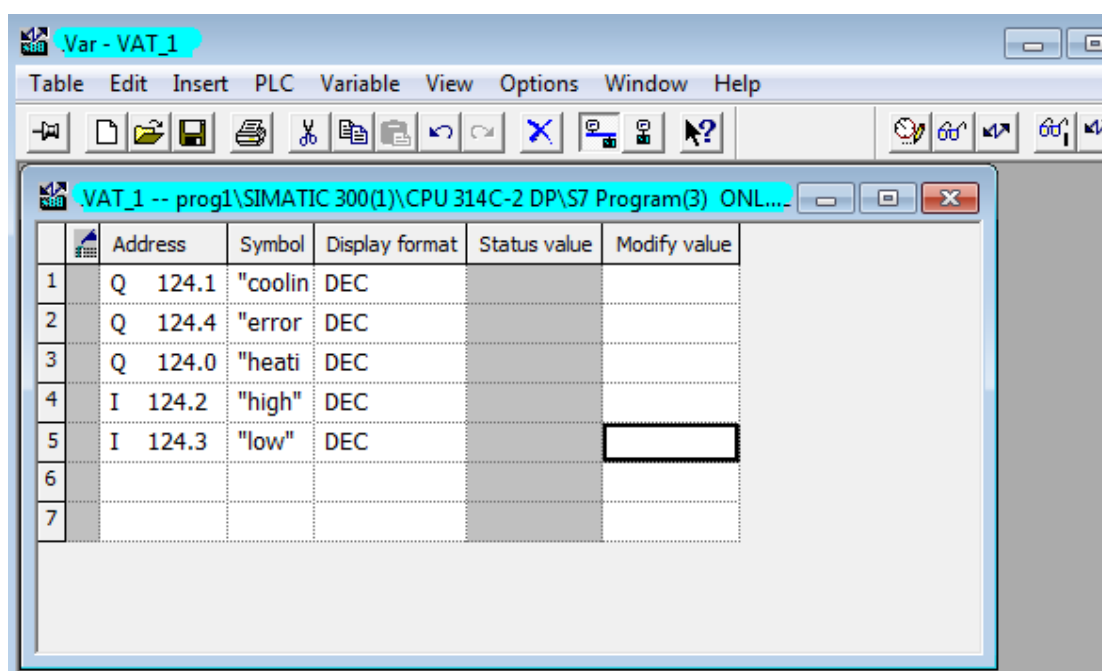
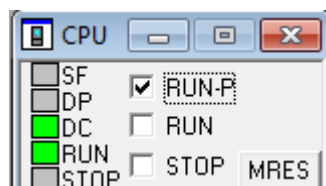


Рисунок 18 - Таблица переменных

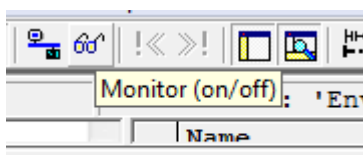
Чтобы сохранить изменения, следует нажать *Save*.



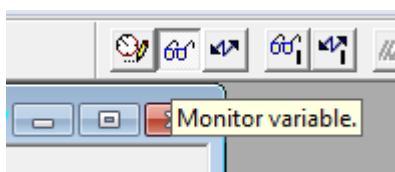
Чтобы загрузить программу в контроллер, необходимо нажать *Download*.



Затем установить ЦПУ в положение RUN-P (*Set CPU to Run Program mode*).



Необходимо включить «Очки» (*Monitor on/off*). Эта функция позволяет посмотреть процесс работы в реальном времени.



Необходимо включить «Очки» (*Monitor variable*) в таблице переменных VAT1.

Теперь, когда программа запущена, вы можете провести тест и посмотреть работу в реальном времени (рис. 19).

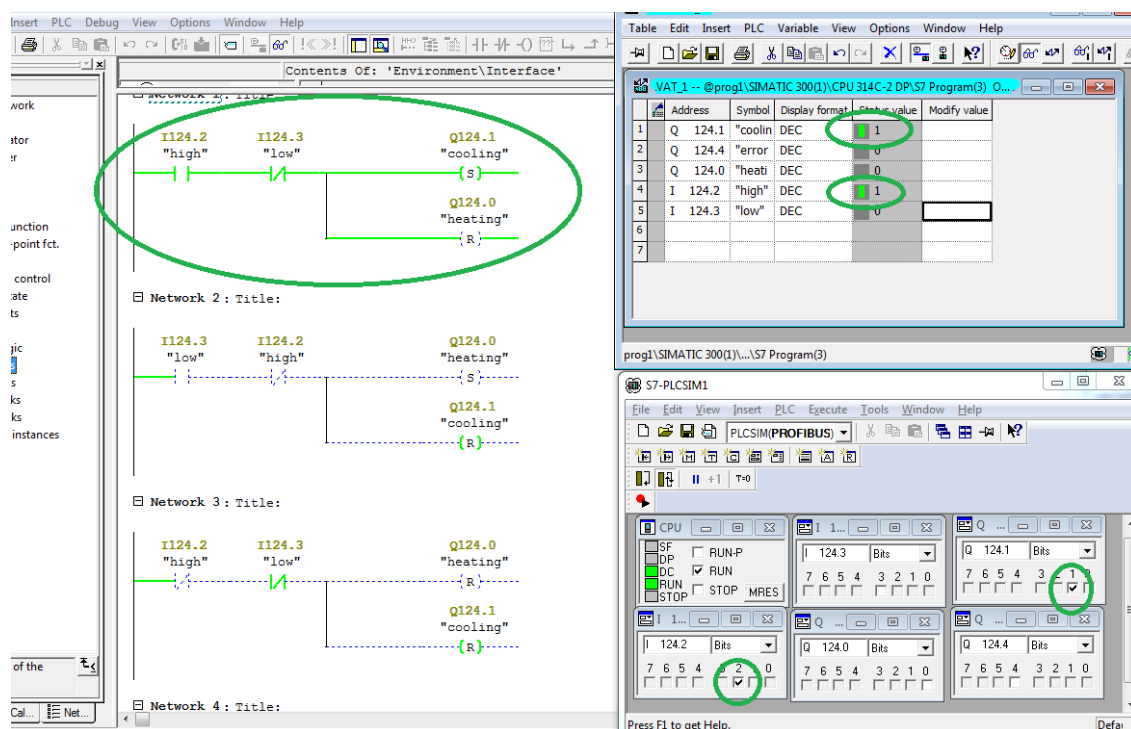


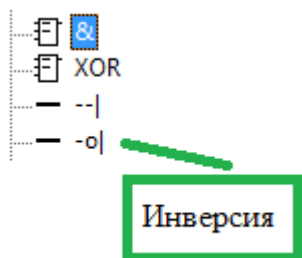
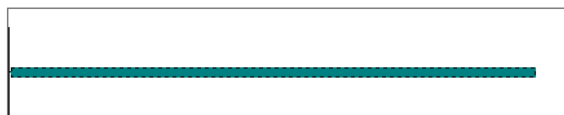
Рисунок 19 - Тест программы LAD

Для загрузки программы в программируемый контроллер вам необходимо иметь сконфигурированные аппаратные средства для вашего проекта и смонтировать аппаратуру в соответствии с руководством по ее установке.

## Написание программы на языке FBD

Необходимо перейти в блок(*Organization block*) с языком программирования FBD.

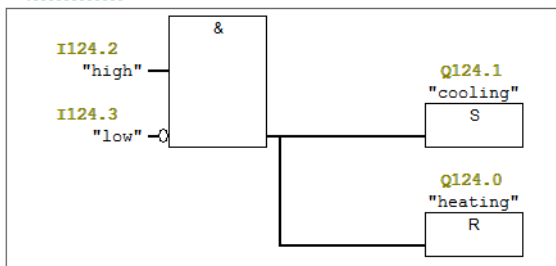
Network 1: Title:



Для начала программирования следует выделить шину *Network 1*.

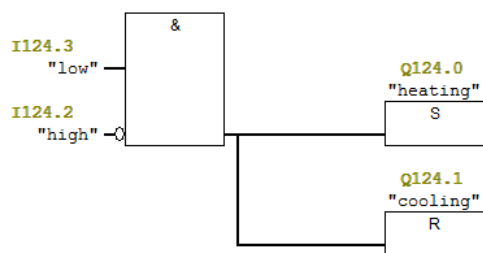
Необходимо добавить блок логическое «И» («And Gate») и сделать один из входов инверсным.

Network 1: Title:



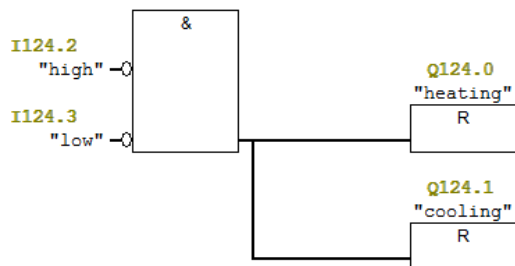
Далее следует добавить *Set*(Установить) и *Reset*(Обнулить) на выходе Логического «И». Необходимо нажать на «???» и присвоить символьные имена, определённые ранее.

Network 2: Title:



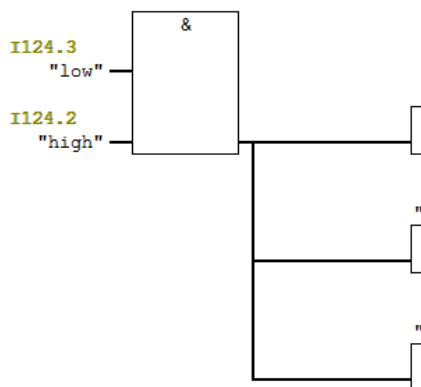
Аналогично для *Network 2* необходимо добавить элементы.

Network 3: Title:



Аналогично для *Network 3* необходимо добавить элементы.

Network 4: Title:



Аналогично для *Network* 4 необходимо добавить элементы.

Чтобы сохранить изменения и загрузить программу в контроллер, следует нажать *Save* и *Download*. Необходимо запустить ЦПУ и протестировать программу (рис.20).

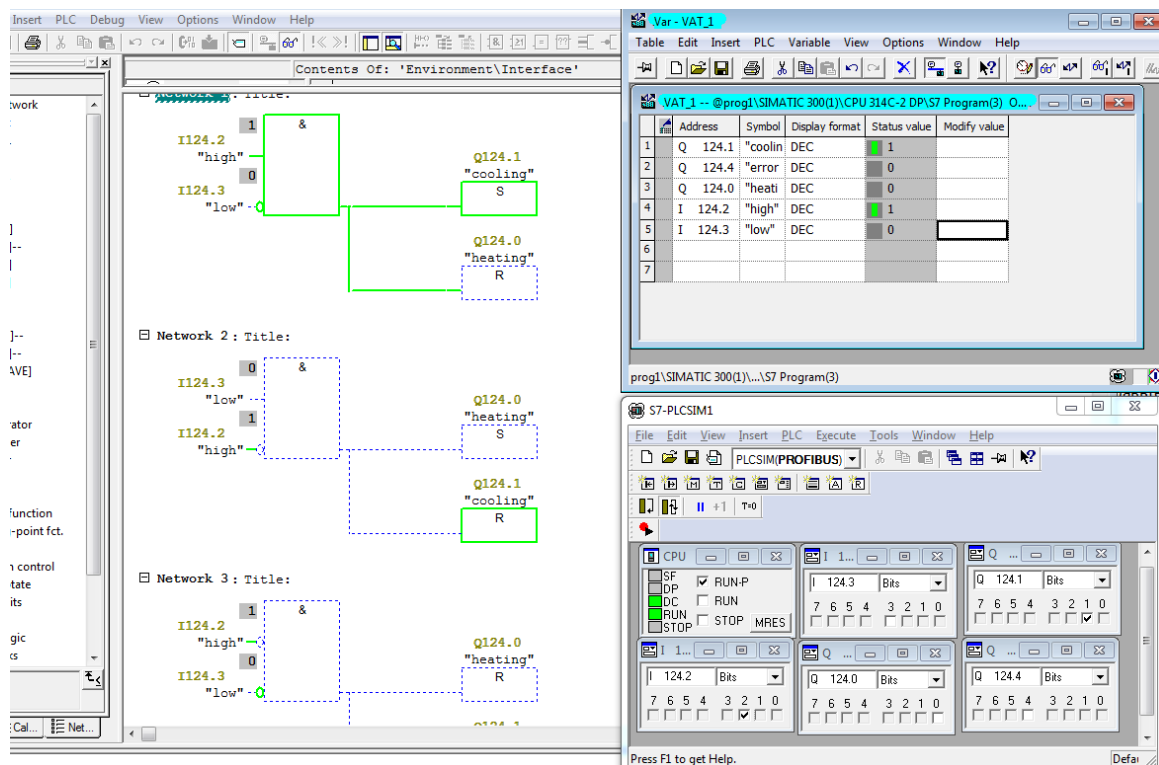


Рисунок 20 - Тест программы FBD



## Написание программы на языке STL

Необходимо перейти в блок(*Organization block*) с языком программирования STL.

▣ **Network 2**: Title:

--

Для начала программирования следует выделить шину *Network 1*.

▣ **Network 1**: Title:

```
A    "high"
AN   "low"
S    "cooling"
R    "heating"
```

Следует написать первый оператор A(AND) в первой строке программы, затем пробел, а затем символическое имя «high» (в кавычках). Необходимо написать второй оператор инверсии AN(NOT AND) по аналогии с первым.

▣ **Network 3**: Title:

```
A    "low"
AN   "high"
S    "heating"
R    "cooling"
```

▣ **Network 4**: Title:

```
AN   "high"
AN   "low"
R    "heating"
R    "cooling"
```

▣ **Network 5**: Title:

```
A    "low"
A    "high"
S    "error"
R    "cooling"
R    "heating"
```

Требуется использовать *Network 3,4,5* и написать операторы по аналогии с первым.

Чтобы сохранить изменения и загрузить программу в контроллер, следует нажать *Save* и *Download*. Необходимо запустить ЦПУ и протестировать программу(рис.21).

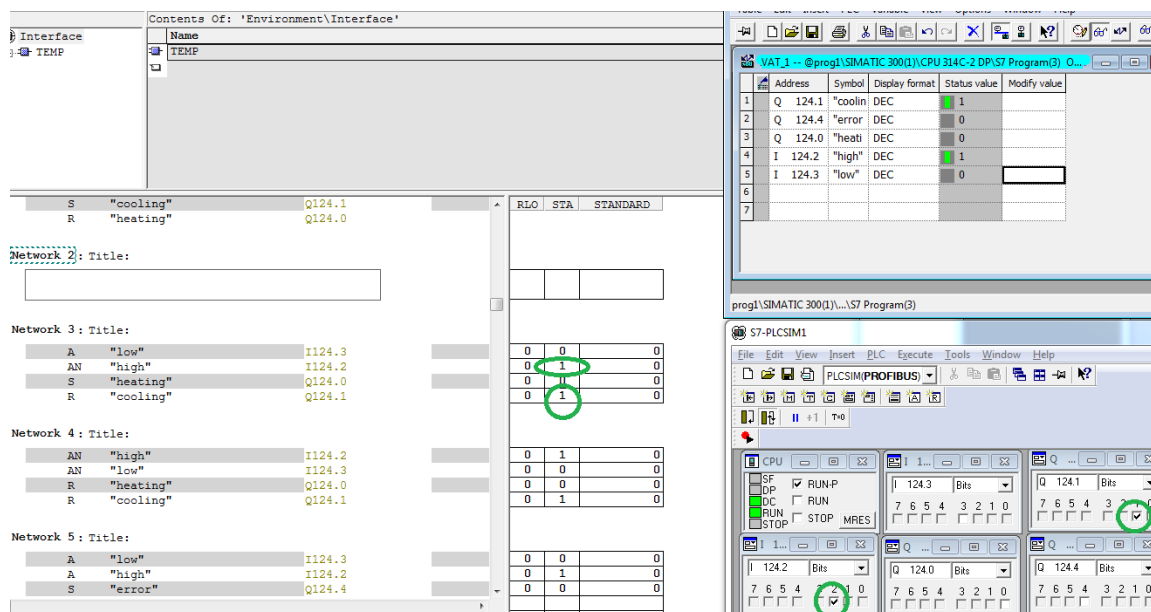


Рисунок 21 - Тест программы STL

## Программа более сложного уровня

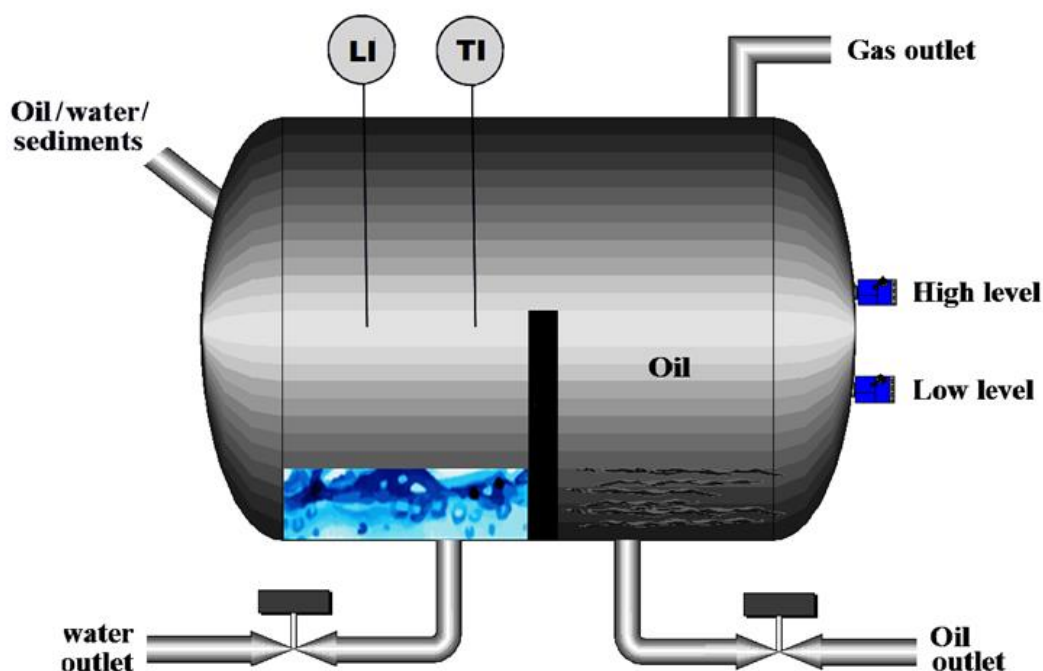


Рисунок 22 - Сепаратор

На рисунке 22 представлена мнемосхема сепаратора для ознакомления и понимания технологического процесса.

Работа сепаратора заключается в отделении воды и нефти друг от друга за счёт разницы в плотностях этих жидкостей. Так как нефть имеет меньшую плотность, чем вода, то она будет находиться выше в каком-либо объёме. В сепараторе установлены датчики уровня нефти: High level и Low level. А также датчик уровня и датчик температуры. Если сработал датчик High level, а Low level показывает «0», то это означает, что нефть находится в интервале между датчиками. Следовательно, выпускной клапан будет открыт и вода будет выходить до тех пор, пока датчик Low level не покажет логическую «1».

Далее представлена программа, которая позволяет управлять технологическим процессом работы сепаратора.

Также в программе представлено нахождение реальных величин: температуры смеси и уровня в сепараторе.

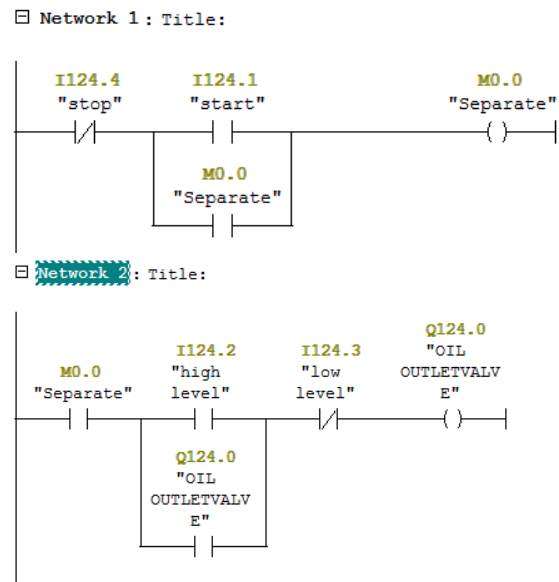
Для начала необходимо задать переменные. Для этого следует открыть *Symbols* и вписать новые переменные (рис. 23). Эти символы будут использоваться далее в разработке программы контроля технологическим процессом.

S7 Program(3) (Symbols) -- prog1\SIMATIC 300(1)\CPU 314C-2 DP					
	Statu	Symbol /	Address	Data type	Comment
1		ACTUAL LEVEL	MD 125	DINT	
2		ACTUAL TEMP	MD 121	DINT	
3		high level	I 124.2	BOOL	
4		low level	I 124.3	BOOL	
5		LT input	IW 64	INT	
6		LT input DINT	MD 100	DINT	
7		MUL	MD 116	DINT	
8		MUL1	MD 117	DINT	
9		OIL OUTLETVALVE	Q 124.0	BOOL	
1		Separate	M 0.0	BOOL	
1		start	I 124.1	BOOL	
1		stop	I 124.4	BOOL	
1		TT input DINT	MD 112	DINT	
1		TTinput	IW 66	INT	
1					

Рисунок 23- Таблица символов

### Написание программы высокого уровня на языке LAD

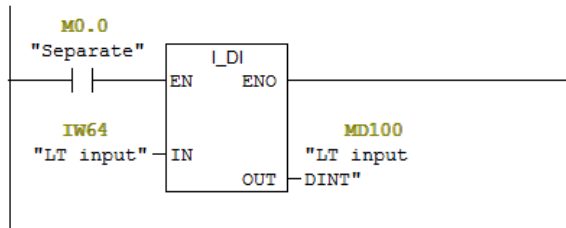
Необходимо создать новый организационный блок(OB34). Язык программирования LAD.



Следует добавить элементы к *Network 1*.

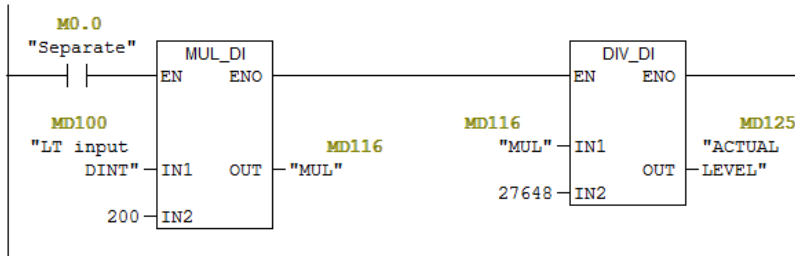
Процесс «Separate» - начало работы сепаратора. Процесс может быть запущен кнопкой *Start* и остановлен кнопкой *Stop*. Если сработал датчик верхнего уровня, а датчик нижнего уровня показывает «0», значит, нефть находится в интервале между датчиками. Эти условия приводят к открытию выпускного клапана, через который выходит вода. Процесс продолжается пока нефть не достигнет нижнего уровня, и датчик low level не установится в «1».

□ Network 3 : Title:



С датчика уровня приходит аналоговый сигнал 4..20мА. Аналоговый модуль ПЛК принимает этот сигнал. Чтобы его преобразовать, необходимо провести вычисления. Вычисления производятся в формате данных DINT. Для этого следует конвертировать INT в DINT.

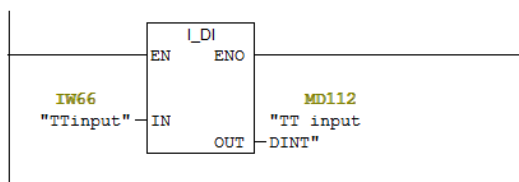
□ Network 4 : Title:



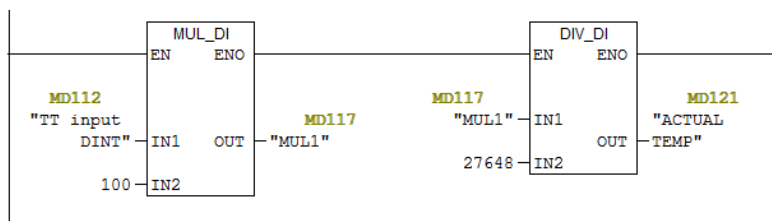
Уровень в формате DINT делится на 27648(maximum normal range value of any analog signal transfered to the CPU by a Siemens analog module), а затем умножается на 200(максимальная высота в сепараторе).

В результате уровень будет приведён к удобному формату (*Actual*).

Network 5: Title:



Network 6: Title:



Далее представлены аналогичные вычисления для температуры. Где максимальное значение температуры - 100 градусов.

Чтобы запустить ЦПУ и протестировать программу необходимо нажать *Save*, а затем *Download*. (рис. 24).

Также вы можете добавить объекты ввода-вывода(*Input Variable Object* и *Output Variable Object*).

Вы можете наблюдать актуальные значения уровня и температуры в таблице переменных, в *Output Variable Object*, а также в *Network 4,6*. Для этого необходимо задать начальную температуру и уровень в сепараторе в объект ввода (*Input Variable Object*). Учтите формат данных (INT).

Чтобы разобраться в переводе аналогового сигнала в актуальное значение переменной, необходимо подбирать значения и добавлять их в объект ввода (*Input Variable Object*)

Также вы можете управлять сигналами с датчиков уровня и проверить, при каких условиях клапан открывается и закрывается.

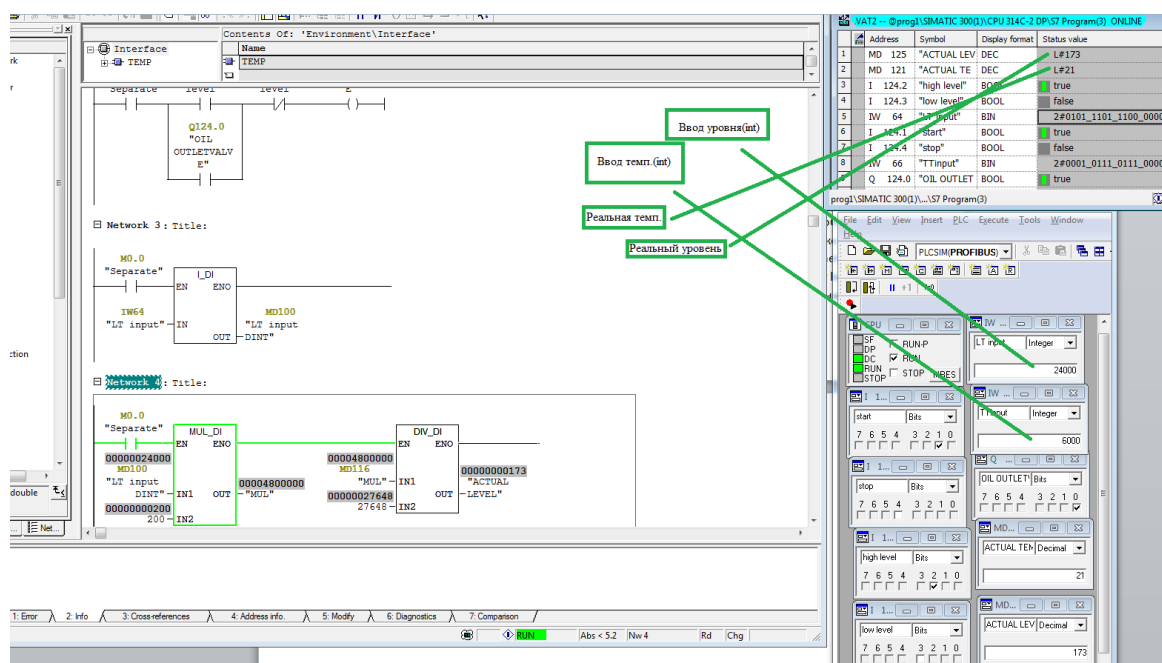


Рисунок 24- Тест программы высокого уровня LAD

## Написание программы высокого уровня на языке FBD

Далее представлена программа на языке FBD. Чтобы реализовать программу самостоятельно, следует использовать рисунки 25-27 как пример.

Вы можете наблюдать актуальные значения уровня и температуры в таблице переменных, в *Output Variable Object*, а также в *Network 4,6*. Для этого необходимо задать начальную температуру и уровень в сепараторе в объект ввода (*Input Variable Object*). Учтите формат данных (INT).

Чтобы разобраться в переводе аналогового сигнала в актуальное значение переменной, необходимо подбирать значения и добавлять их в объект ввода (*Input Variable Object*)

Также вы можете управлять сигналами с датчиков уровня и проверить, при каких условиях клапан открывается и закрывается.

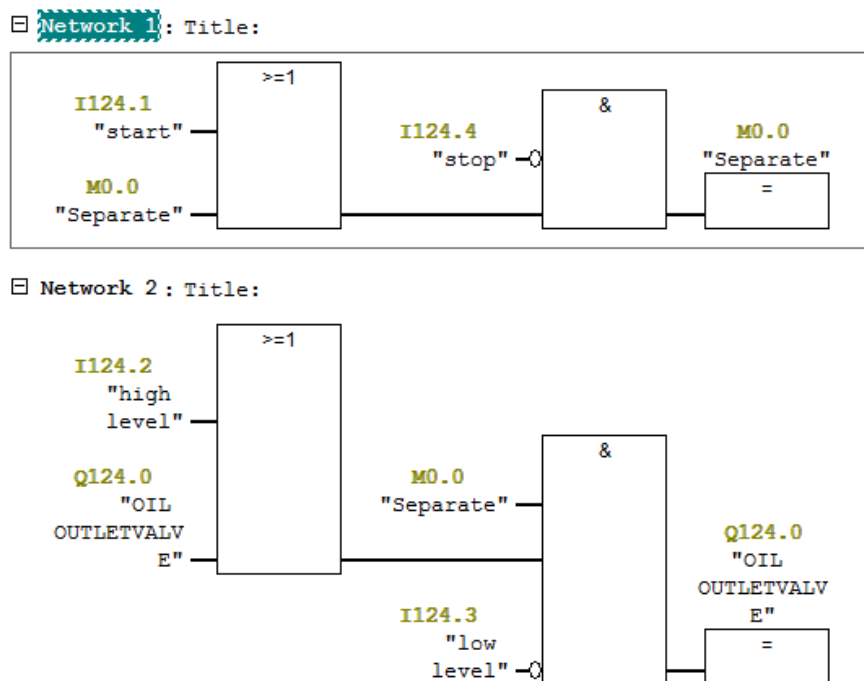
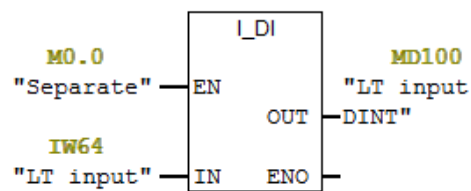


Рисунок 25- Листинг 1



Network 3 : Title:



Network 4 : Title:

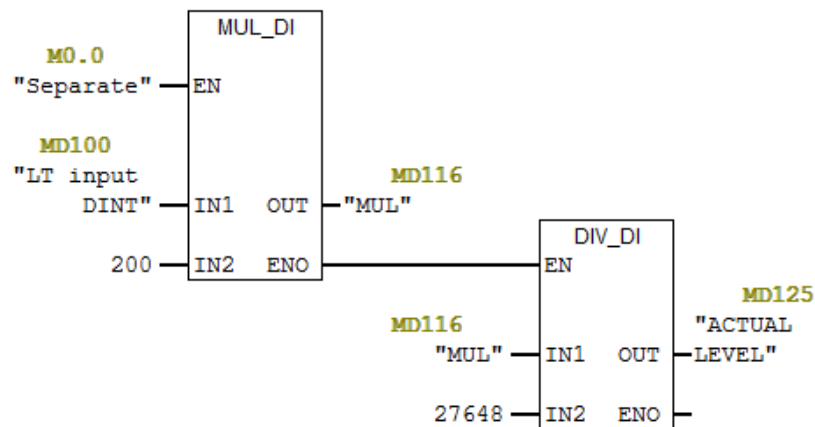
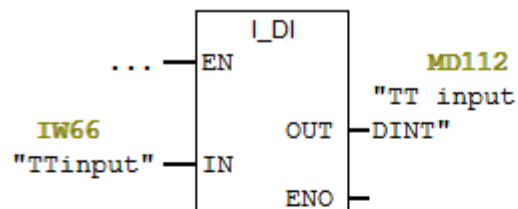


Рисунок 26- Листинг 2

Network 5 : Title:



Network 6 : Title:

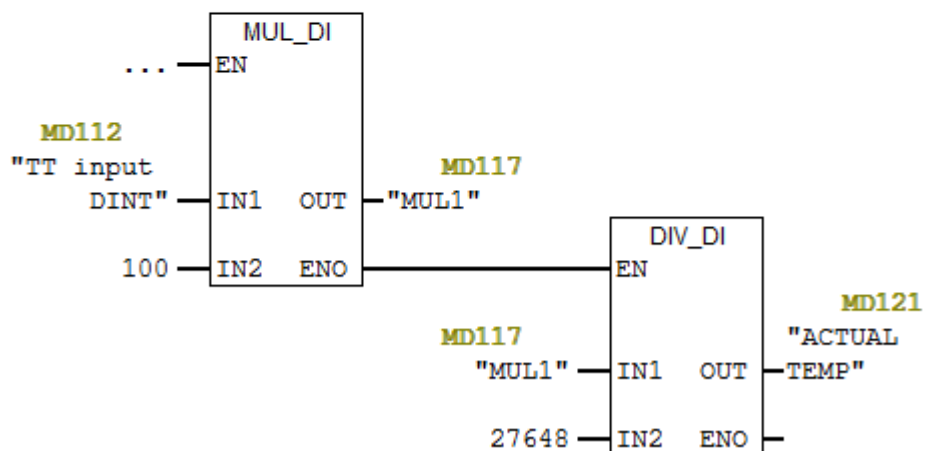


Рисунок 27- Листинг 3

## **Содержание отчета**

Отчет по выполненной лабораторной работе должен содержать следующие пункты:

1. Цель работы.
2. Структурная схема лабораторного стенда с ПЛК S7-300 и схема внешних соединений.
3. Задание на выполнение лабораторной работы.
4. Листинг написанной программы.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы по лабораторной работе.

## **Контрольные вопросы**

1. Какие модули включены в состав ПЛК Siemens Simatic S7-300? Для чего они предназначены.
2. Какие интерфейсы и сети возможны для работы с S7-300? Перечислите их?
3. Расскажите про PROFIBUS DP и RS-485?

### **Задание для самореализации**

На рисунке 28 представлена мнемосхема центрального пункта сбора и подготовки нефти, газа и воды (ЦПС). Схема представлена для ознакомления и понимания технологического процесса.

Продукция нефтяных скважин практически никогда не состоит из чистой нефти. Как правило, она представляет собой ГЖС (газожидкостную смесь) с небольшими примесями других веществ. Поэтому важнейшей задачей системы сбора и подготовки нефти является сепарация, то есть разделение нефти, газа и воды друг от друга.

На первой стадии сбора и подготовки скважинная жидкость по выкидной линии попадает на групповую замерную установку (ГЗУ) тремя возможными способами.

Первый вариант, из фонтанной скважины 3 высокого давления жидкость поступает на сепаратор 4, который устанавливают на скважинах, если давление превышает 0,6 МПа. В нем происходит первичное разделение на газообразную и жидкую фазы. После этого жидкая фаза поступает на ГЗУ 5, которая служит для замера дебита.

Второй вариант, из газлифтной скважины 1.

И третий возможный вариант через УСШН (качалку) 2.

После этого на ГЗУ 5 определяется количество добываемой из скважин жидкости и производится частичное отделение попутного газа и воды от нефти. Жидкая составляющая с ГЗУ 5 поступает на газосепаратор 6, где осуществляется окончательная дегазация нефти перед ее поступлением в отстойники 9.

Газовая составляющая поступает с ГЗУ 5 на осушитель газа 7, где после поглощения влаги газ через компрессоры высокого давления попадает в сепаратор 13 и подается на газлифтные скважины. В горизонтальных отстойниках 8 от жидкости отделяется песок и механические примеси. Вакуум-компрессоры 12 служат для отбора газа из отстойников 9 и 8. На конечном этапе нефть под действием насоса 10 попадает из сборников нефти 9 и отправляется в сырьевые резервуары установки подготовки нефти 11.

Спроектируйте систему управления для любого из объектов. Легенду задайте сами, с учётом того, что на каждом из объектов стоят датчики, клапана управляются дистанционно, двигатели могут менять количество оборотов. Так на схеме: Т(температура), L(уровень), Р(давление), N(кол-во оборотов в минуту), Open(открыт), Close(закрыт). Вы можете добавлять датчики, задвижки по своему усмотрению.

Напишите программу на языках программирования LAD, FDB, STL, исходя из потребностей для вашей системы в пакете Step-7.

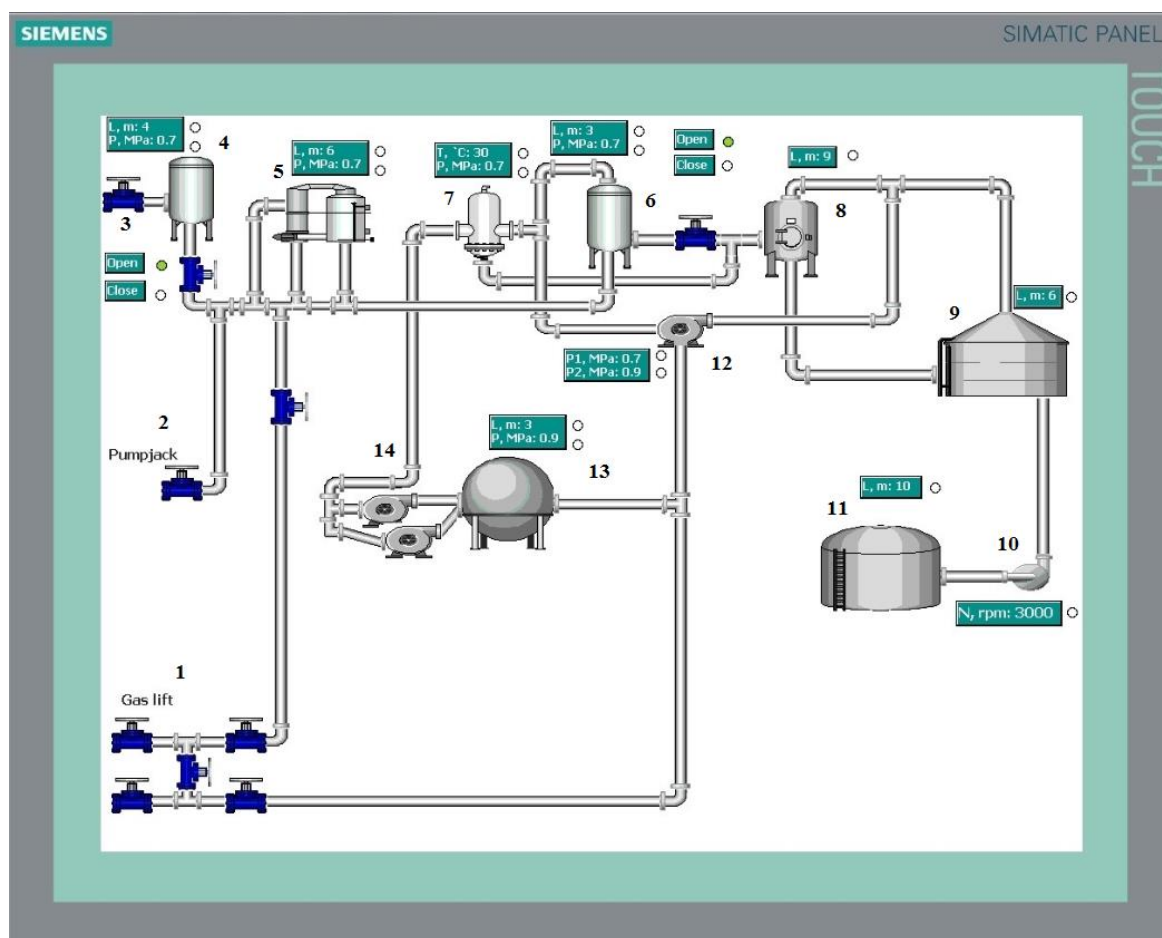


Рисунок 28-Мнемосхема